

TUGAS AKHIR - KS141501

**MODEL SIMULASI DAN SKENARIO STRATEGI
ADAPTASI UNTUK MENGATASI DAN MENCEGAH
BENCANA DALAM SISTEM PERTANIAN KOMODITAS
PADI (STUDI KASUS: JAWA TIMUR).**

***SIMULATION MODEL AND ADAPTATIVE STRATEGY
SCENARIO TO OVERCOME AND PREVENT DISASTER
IN RICE COMMODITY AGRICULTURE SYSTEM
(CASE STUDY: EAST JAVA).***

DHIMAS CANDRA PRAYUDHA
NRP 05211440000051

Dosen Pembimbing
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

TUGAS AKHIR - KS141501

**MODEL SIMULASI DAN SKENARIO STRATEGI ADAPTASI
UNTUK MENGATASI DAN MENCEGAH BENCANA DALAM
SISTEM PERTANIAN KOMODITAS PADI (STUDI KASUS: JAWA
TIMUR).**

DHIMAS CANDRA PRAYUDHA
NRP 05211440000051

Dosen Pembimbing
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

FINAL PROJECT - KS141501

***SIMULATION MODEL AND ADAPTATIVE
STRATEGY SCENARIO TO OVERCOME AND
PREVENT DISASTER IN RICE COMMODITY
AGGRICULTURE SYSTEM (CASE STUDY: EAST
JAVA).***

**DHIMAS CANDRA PRAYUDHA
NRP 05211440000051**

**Dosen Pembimbing
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph. D**

**DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**

LEMBAR PENGESAHAN

MODEL SIMULASI DAN SKENARIO STRATEGI ADAPTASI UNTUK MENGATASI DAN MENCEGAH BENCANA DALAM SISTEM PERTANIAN KOMODITAS PADI (STUDI KASUS: JAWA TIMUR)

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
Pada

Departemen Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh:

DHIMAS CANDRA PRAYUDHA

NRP. 05211440000051

Surabaya, Januari 2019

**KEPALA
DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI**



Mahendrawati ER, ST, M.Sc, Ph.D
NIP. 197610112006042001

LEMBAR PERSETUJUAN

MODEL SIMULASI DAN SKENARIO STRATEGI ADAPTASI UNTUK MENGATASI DAN MENCEGAH BENCANA DALAM SISTEM PERTANIAN KOMODITAS PADI (STUDI KASUS: JAWA TIMUR)

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
Pada
Departemen Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DHIMAS CANDRA PRAYUDHA

NRP. 05211440000051

Disetujui Tim Penguji: Tanggal Ujian: Januari 2019
Periode Wisuda: Maret 2019

Erma Suryani, S.T., M.T., Ph. D

Mudjahidin, ST, MT

Mahendrawathi ER, S.T., M.Sc., Ph.D



(Pembimbing I)

(Penguji I)

(Penguji II)

**MODEL SIMULASI DAN SKENARIO STRATEGI
ADAPTASI UNTUK MENGATASI DAN MENCEGAH
BENCANA DALAM SISTEM PERTANIAN
KOMODITAS PADI
(STUDI KASUS: JAWA TIMUR).**

Nama Mahasiswa : Dhimas Candra Prayudha
NRP : 05211440000051
Departemen : Sistem Informasi FTIK - ITS
Pembimbing 1 : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph. D

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara agraris, masih banyak penduduk yang bermata pencaharian pada bidang pertanian. Sektor pertanian merupakan salah satu mata pencaharian yang banyak digeluti oleh penduduk Indonesia dan sektor pertanian bertanggung jawab dalam memenuhi kebutuhan pangan penduduk. Salah satu produk pertanian yang cukup penting di Indonesia adalah padi atau beras, mengingat beras adalah bahan makanan pokok utama masyarakat di banyak daerah di Indonesia. Produksi beras seharusnya dapat mengimbangi kebutuhan akan beras itu sendiri, atau sering disebut dengan istilah swasembada. Banyak faktor yang menghambat produksi padi, salah satunya adalah bencana. Banjir dan kekeringan merupakan bentuk bencana alam yang hampir setiap tahun terjadi. Pengaruh bencana seperti banjir dan kekeringan pada lahan pertanian selalu terjadi dari tahun ke tahun, sehingga menyebabkan penurunan hasil pertanian hingga menyebabkan gagal panen. Dengan terjadinya perubahan musim yang semakin tidak menentu, potensi untuk terjadi bencana banjir

dan kekeringan yang melanda lahan pertanian semakin membesar. Usaha pertanian di sawah seperti padi sangat rentan terkena bencana banjir dan kekeringan.

Ada berbagai strategi untuk mengatasi bencana banjir dan kekeringan yang menimpa lahan pertanian padi. Untuk penanganan banjir bisa dilakukan dengan penanaman varietas padi yang mampu bertahan dalam rendaman air selama 10-14 hari. Untuk daerah yang sering terkena kekeringan, terdapat juga varietas padi yang tahan kekeringan.

Dalam membantu penerapan strategi adaptasi untuk mengatasi dan mencegah bencana pada sektor pertanian Indonesia di Provinsi Jawa Timur pada khususnya pada tanaman padi, diperlukan model yang dapat merepresentasikan hal tersebut. Model yang dibuat akan dapat menunjukkan hubungan antar variabel didalam sistem itu sendiri.

Pada tugas akhir ini akan dibuat sebuah model yang merepresentasikan skenario strategi adaptasi untuk mencegah dan mengatasi bencana dalam sektor pertanian Indonesia pada khususnya tanaman padi yang menghasilkan beras sebagai bahan makanan pokok utama masyarakat Indonesia. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebuah model yang dapat menjadi acuan dalam penerapan skenario strategi adaptasi dalam membantu mengatasi dan mencegah bencana yang melanda sektor pertanian khususnya tanaman padi sehingga produksi padi di Indonesia khususnya Provinsi Jawa Timur harapan besarnya dapat meningkatkan produktivitas produksi padi.

Kata Kunci: Model, Produksi, Bencana, Banjir, Kekeringan, Padi, Sistem Dinamik

**SIMULATION MODEL AND ADAPTATIVE
STRATEGY SCENARIO TO OVERCOME AND
PREVENT DISASTER IN RICE COMMODITY
AGGRICULTURE SYSTEM
(CASE STUDY: EAST JAVA).**

Student Name : Dhimas Candra Prayudha
NRP : 05211440000051
Department : Sistem Informasi FTIK - ITS
Supervisor 1 : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph. D

ABSTRACT

Indonesia as an agricultural country, there are still many residents who make a living in agriculture. The agricultural sector is one of the livelihoods that are widely cultivated by the population of Indonesia and the agricultural sector is responsible for meeting the food needs of the population. One of the most important agricultural products in Indonesia is rice, considering that rice is the main food for people in many regions in Indonesia. Rice production should be able to offset the need for rice itself, or often referred to as self-sufficiency. Many factors inhibit rice production, one of which is disaster. Floods and droughts are a form of natural disaster that occurs almost every year. The effects of disasters such as floods and droughts on agricultural land always occur from year to year, causing a decline in agricultural yields to cause crop failure. With the occurrence of increasingly erratic seasonal changes, the potential for catastrophic floods and droughts that hit agricultural land is getting bigger. Agriculture in rice fields such as rice is very vulnerable to floods and droughts.

There are various strategies to overcome the disasters of floods and droughts that afflict paddy fields. For handling floods, it can be done by planting rice varieties that are able to survive in water for 10-14 days. For areas that are often affected by drought, there are also drought-resistant rice varieties.

To implement adaptation strategies to overcome and prevent disasters in the Indonesian agricultural sector in East Java Province, especially in rice plants, a model that can represent this is needed. The model created will be able to show the relationship between variables in the system itself

In this final project, a model that will represent a scenario of adaptation strategies will be created to prevent and overcome disasters in the Indonesian agricultural sector, especially rice plants which produce rice as the main staple food for the people of Indonesia. The expected results of this study are a model that can be a reference in the application of adaptation strategy scenarios to help overcome and prevent disasters that hit the agricultural sector, especially rice plants so that rice production in Indonesia, especially East Java Province, hopes of increasing rice productivity.

Keyword: Model, Production, Disaster, Flood, Drought, Rice, Dynamic System

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“MODEL SIMULASI DAN SKENARIO STRATEGI ADAPTASI UNTUK MENGATASI DAN MENCEGAH BENCANA DALAM SISTEM PERTANIAN KOMODITAS PADI (STUDI KASUS: JAWA TIMUR)”** sebagai salah satu hal yang menjadi syarat kelulusan dari Program Sarjana Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak bimbingan, bantuan, serta saran dan masukan dan tidak lupa pula dukungan dari banyak pihak. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada beberapa pihak, diantaranya:

1. Syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT, atas berkat dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Salawat serta salam kepada junjungan kita Nabi Agung Muhammad SAW, yang telah memberikan suri tauladan bagi kita semua.
3. Kedua orang tua penulis serta seluruh anggota keluarga yang senantiasa memberikan doa, semangat, serta motivasi selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
4. Ibu Mahendrawati ER, ST, M.Sc, Ph.D, selaku Kepala Departemen Sistem Informasi
5. Ibu Erma Suryani, S.T, M.T., Ph. D., selaku dosen pembimbing yang telah rela meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, saran, motivasi, dan ilmu kepada penulis selama proses pengerjaan tugas akhir

6. Bapak Ir. R Bagus Adhirasa beserta stafnya selaku narasumber dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan yang telah memberikan waktu dan kesempatan untuk konsultasi dan diskusi terkait pengerjaan tugas akhir.
7. Teman-teman seperjuangan Lab Sistem Enterprise (SE), yang selalu berjuang bersama dan saling menyemangati selama pengerjaan tugas akhir
8. Seluruh teman-teman OSIRIS yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir tidak akan pernah sempurna dan pasti memiliki kekurangan baik dalam penulisan maupun hasil akhir. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai bahan perbaikan untuk penelitian kedepannya. Terakhir semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Tabel	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.5. Manfaat Tugas Akhir.....	4
1.6. Relevansi Tugas Akhir.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Penelitian Sebelumnya.....	7
2.2. Landasan Teori	11
2.2.1. Strategi Adaptasi.....	11
2.2.2. Model Simulasi	13
2.2.3. Simulasi.....	13
2.2.4. Sistem Dinamik.....	14
2.2.5. Diagram Kausatik	16
2.2.6. Verifikasi dan Validasi.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1. Diagram Metodologi.....	19
3.2. Uraian Metodologi.....	20
3.2.1. Studi Literatur	20
3.2.2. Observasi dan Pengumpulan Data	20
3.2.3. Pendefinisian Sistem.....	21
3.2.4. Pembuatan Diagram Kausatik.....	21

3.2.5. Formulasi.....	21
3.2.6. Pembuatan Model.....	22
3.2.7. Simulasi Model	22
3.2.8. Verifikasi dan Validasi.....	22
3.2.9. Pembuatan Skenario dan Simulasi	22
3.2.10. Analis Hasil Skenario	23
3.2.11. Pembuatan Laporan Tugas Akhir	23
BAB IV PERANCANGAN	25
4.1. Pengumpulan Data	25
4.1.1. Data Produksi Padi.....	26
4.1.2. Data Produktivitas Padi di Jawa Timur	26
4.1.3. Data Luas Tanam Padi di Jawa Timur	27
4.1.4. Data Luas Panen Padi di Jawa Timur.....	28
4.1.5. Data Luas Lahan Terkena Banjir Jawa Timur...29	
4.1.6. Data Luas Lahan Terkena Kekeringan di Jawa Timur.....	29
4.1.7. Data Curah Hujan di Jawa Timur.....	30
4.1.8. Data <i>Southern Oscillation Index</i>	31
4.2. Pengolahan Data	32
4.3. Pembuatan Model Diagram Kausatik	32
4.4. Pembuatan Model Diagram Arus.....	36
4.4.1. Sub Model Bencana Banjir dan Kekeringan	37
4.4.2. Sub Model Produktivitas Padi.....	44
4.4.3. Sub Model Produksi Padi	50
4.4.4. Sub Model Ketersediaan Air Irigasi.....	54
4.5. Verifikasi Model	55
4.6. Validasi Model.....	56
4.6.1. Validasi Nilai Curah Hujan	57
4.6.2. Validasi Luas Lahan Terkena Banjir.....	59
4.6.3. Validasi Luas Lahan Terkena Kekeringan	61
4.6.4. Validasi Sub Model Produktivitas Padi.....	62
4.6.5. Validasi Luas Tanam Padi.....	64

4.6.6. Validasi Luas Panen Padi.....	66
4.6.7. Validasi Produksi Padi	68
BAB V PENGEMBANGAN SKENARIO DAN ANALISIS	
HASIL	71
5.1. Pengembangan Skenario.....	71
5.2. Skenario 1: Penurunan Luas Lahan Terkena Banjir ...	71
5.3. Skenario 2: Penurunan Luas Lahan Terkena Kekeringan.....	78
5.4. Skenario 3: Peningkatan Produktivitas	84
5.5. Analisis Hasil Skenario.....	89
5.5.1. Analisis Skenario Penurunan Luas Lahan Terkena Banjir	89
5.5.2. Analisis Skenario Penurunan Luas Lahan Terkena Kekeringan.....	90
5.5.3. Analisis Skenario Peningkatan Produktivitas ...	91
5.5.4. Analisis Produksi Padi	92
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	95
6.1. Kesimpulan.....	95
6.2. Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	97
BIODATA PENULIS	101
LAMPIRAN	103
Lampiran A – Data Hasil Simulasi Basemodel	103
Lampiran B – Data Hasil Simulasi Skenario	106

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Roadmap Penelitian Laboratorium Sistem Enterprise	5
Gambar 2.1 Perbandingan hasil produksi benih biasa dan toleran rendaman	12
Gambar 2.2 Contoh Diagram Kausatik	17
Gambar 2.3 Diagram Verifikasi dan Validasi Model.....	18
Gambar 3.1 Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir	19
Gambar 4.1 Model Diagram Kausatik	33
Gambar 4.2 Diagram Arus - Sub Model Bencana Banjir dan Kekeringan	37
Gambar 4.3 Curah Hujan	42
Gambar 4.4 Luas Lahan Terkena Banjir	43
Gambar 4.5 Luas Lahan Terkena Kekeringan.....	43
Gambar 4.6 Diagram Arus - Sub Model Produktivitas Padi ..	44
Gambar 4.7 Produktivitas Padi.....	48
Gambar 4.8 Rate Peningkatan Produktivitas Padi.....	49
Gambar 4.9 Rate Penurunan Produktivitas Padi	49
Gambar 4.10 Diagram Arus - Sub Model Produksi Padi	50
Gambar 4.11 Produksi Padi.....	52
Gambar 4.12 Luas Panen	53
Gambar 4.13 Luas Tanam Padi	53
Gambar 4.14 Diagram Arus – Sub Model Ketersediaan Irigasi	54
Gambar 4.15 Mode Check Vensim	56
Gambar 4.16 Grafik Curah Hujan	58
Gambar 4.17 Grafik Luas Lahan Terkena Banjir.....	60
Gambar 4.18 Grafik Luas Lahan Terkena Kekeringan	62

Gambar 4.19 Grafik Produktivitas Padi	64
Gambar 4.20 Grafik Luas Tanam Padi.....	66
Gambar 4.21 Grafik Luas Panen Padi	68
Gambar 4.22 Grafik Produksi Padi.....	70
 Gambar 5.1 Skenario 1 Mengurangi Luas Lahan Terkena Banjir	 73
Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Luas Lahan Terkena Banjir	 77
Gambar 5.3 Skenario 2 Penurunan Luas Lahan Terkena Kekeringan	 79
Gambar 5.4 Grafik Perbandingan Skenario 2.....	83
Gambar 5.5 Skenario 3 Peningkatan Produktivitas Padi	85
Gambar 5.6 Grafik Produktivitas Padi	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya	7
Tabel 2.2 Variabel Dalam Sistem Dinamik.....	16
Tabel 4.1 Produksi Padi	26
Tabel 4.2 Data Produktivitas Padi di Jawa Timur	27
Tabel 4.3 Data Luas Tanam Padi di Jawa Timur	27
Tabel 4.4 Data Luas Panen Padi di Jawa Timur.....	28
Tabel 4.5 Luas Lahan Terkena Banjir	29
Tabel 4.6 Luas Lahan Terkena Kekeringan	30
Tabel 4.7 Data Curah Hujan.....	30
Tabel 4.8 Data Southern Oscillation Index	31
Tabel 4.9 Formulasi - Sub Model Bencana Banjir dan Kekeringan	39
Tabel 4.10 Formulasi - Sub Model Produktivitas Padi	46
Tabel 4.11 Formulasi - Sub model Produksi Padi.....	51
Tabel 4.12 Formulasi - Sub Model Ketersediaan Air Irigasi ..	55
Tabel 4.13 Data Asli dan Data Simulasi Curah Hujan.....	57
Tabel 4.14 Data Asli dan Data Simulasi Luas Lahan Terkena Banjir.....	59
Tabel 4.15 Data Asli dan Data Simulasi Luas Lahan Terkena Kekeringan	61
Tabel 4.16 Data Asli dan Data Simulasi Produktivitas	63
Tabel 4.17 Data Asli dan Data Simulasi Luas Tanam Padi ...	65
Tabel 4.18 Data Asli dan Data Simulasi Luas Panen Padi.....	66
Tabel 4.19 Data Asli dan Data Simulasi Produksi Padi	68
Tabel 5.1 Formulasi Skenario 1	74
Tabel 5.2 Formulasi Skenario2 Penurunan Luas lahan Kekeringan	80
Tabel 5.3 Formulasi Skenario 3 Produktivitas Padi	86

Tabel 5.4 Perbandingan luas lahan banjir basemodel dan skenario 1.....	89
Tabel 5.5 Perbandingan luas lahan kekeringan basemodel dan skenario 2.....	90
Tabel 5.6 Tabel perbandingan produktivitas padi basemodel dan skenario 3.....	91
Tabel 5.7 Perbandingan Hasil Skenario Produksi Padi	92
Tabel 5.8 Rata-rata Hasil Skenario Total Produksi Padi	93

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bagian bab pendahuluan ini akan menjelaskan gambaran umum mengenai tugas akhir yang diangkat meliputi latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan tugas akhir, tujuan tugas akhir, manfaat dari tugas akhir, dan relevansi kegiatan tugas akhir. Berdasarkan uraian pada bab ini, diharapkan mampu memberikan gambaran umum mengenai permasalahan dan pemecahan masalah pada tugas akhir ini.

1.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara agraris, masih banyak penduduk yang bermata pencaharian pada bidang pertanian. Pertanian di Indonesia merupakan salah satu sektor kunci perekonomian di Indonesia. Berdasarkan hasil sensus pertanian 2013 yang dilakukan BPS, sebanyak 31,7 juta penduduk Indonesia masih berprofesi sebagai petani [1]. Di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2016 luas lahan sawah mencapai 1,1 juta hektar [2] serta peranan sektor pertanian dalam perekonomian di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2016 menduduki peringkat ketiga [3].

Sektor pertanian merupakan salah satu mata pencaharian yang banyak digeluti oleh penduduk Indonesia dan sektor pertanian bertanggung jawab dalam memenuhi kebutuhan pangan penduduk. Salah satu produk pertanian yang cukup penting di Indonesia adalah padi atau beras, mengingat beras adalah bahan makanan pokok utama masyarakat di banyak daerah di Indonesia. Di Indonesia produksi beras seharusnya dapat mengimbangi kebutuhan akan beras itu sendiri, atau sering disebut dengan istilah swasembada beras.

Banyak faktor yang menghambat produksi padi, salah satunya adalah bencana. Banjir dan kekeringan merupakan bentuk bencana alam yang hampir setiap tahun terjadi. Pengaruh bencana seperti banjir dan kekeringan pada lahan pertanian selalu terjadi dari tahun ke tahun, sehingga menyebabkan

penurunan hasil pertanian hingga menyebabkan gagal panen. Bencana seperti kekeringan sering dialami oleh lahan pertanian, seperti contoh pada tahun 2018 sekitar 36.000 hektar areal persawahan di Jawa Timur mengalami kekeringan [4]. Selain itu ada juga bencana banjir yang juga sering mengancam lahan pertanian, di Jawa Timur pada tahun 2017, lahan pertanian seluas 3.400 hektar terendam banjir dan 1.300 hektar mengalami gagal panen akibat banjir [5]. Dengan terjadinya perubahan musim yang semakin tidak menentu, potensi untuk terjadi bencana banjir dan kekeringan yang melanda lahan pertanian semakin membesar. Usaha pertanian di sawah seperti padi sangat rentan terkena bencana banjir dan kekeringan sehingga keberhasilan usaha produksi padi sangat bergantung terhadap musim dan kondisi areal persawahan.

Ada berbagai strategi untuk mengatasi bencana banjir dan kekeringan yang menimpa lahan pertanian padi. Untuk penanganan banjir misalnya, bisa dilakukan dengan penanaman varietas padi yang mampu bertahan dalam rendaman air selama 10-14 hari, karena rata-rata varietas padi yang ditanam oleh petani bertahan selama 5-7 hari saja dalam rendaman air [6]. Untuk daerah yang sering terkena kekeringan, terdapat juga varietas padi yang tahan kekeringan seperti Inpago5 dan Inpari10 [7]. Pembangunan embung pada daerah yang rawan kekeringan juga penting untuk persediaan air saat bencana kekeringan melanda.

Dalam membantu penerapan strategi adaptasi untuk mengatasi dan mencegah bencana pada sektor pertanian Indonesia di Provinsi Jawa Timur pada khususnya pada tanaman padi, diperlukan model yang dapat merepresentasikan hal tersebut. Model yang dibuat akan dapat menunjukkan hubungan antar variabel di dalam sistem itu sendiri.

Pada tugas akhir ini akan dibuat sebuah model yang merepresentasikan skenario strategi adaptasi untuk mencegah dan mengatasi bencana dalam sektor pertanian Indonesia pada khususnya komoditas padi yang menghasilkan beras sebagai bahan makanan pokok utama masyarakat Indonesia. Hasil yang

diharapkan dari penelitian ini adalah sebuah model yang dapat menjadi acuan dalam penerapan skenario strategi adaptasi dalam membantu mengatasi dan mencegah bencana yang melanda sektor pertanian khususnya tanaman padi sehingga produksi padi di Indonesia khususnya Provinsi Jawa Timur harapan besarnya dapat meningkatkan produktivitas produksi padi.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dipaparkan pada bagian sebelumnya, maka didapatkan rumusan masalah dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana bencana dapat memengaruhi proses produksi padi?
2. Bagaimana strategi adaptasi terhadap bencana dalam produksi padi?

1.3. Batasan Masalah

Sesuai dengan deskripsi permasalahan yang telah dijelaskan diatas, adapun batasan permasalahan dari penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tugas akhir ini hanya membahas mengenai pembuatan model skenario strategi adaptasi untuk mengatasi dan mencegah bencana dalam produksi padi.
2. Sektor pertanian yang akan dibahas hanya pada produksi padi.
3. Bencana yang akan dibahas hanya banjir dan kekeringan yang melanda produksi padi.

1.4. Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui strategi adaptasi yang tepat untuk mengatasi dan mencegah bencana pada produksi padi dalam sistem pertanian Indonesia dengan menggunakan skenario strategi adaptasi yang dibuat dalam model sistem dinamik.

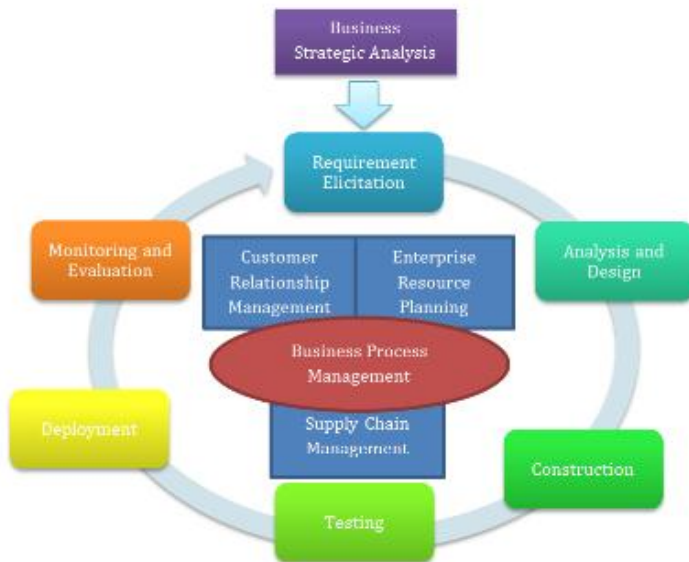
1.5. Manfaat Tugas Akhir

Adapun manfaat yang dapat diperoleh yang dibedakan menjadi dua belah sudut pandang sebagai berikut:

1. Bagi Akademis adalah memberikan referensi tambahan dalam penelitian khususnya terkait dengan model sistem dinamik.
2. Bagi masyarakat umum adalah mengetahui strategi adaptasi untuk mengatasi dan mencegah bencana yang terjadi pada sektor produksi padi.

1.6. Relevansi Tugas Akhir

Laboratorium Sistem Enterprise (SE) Jurusan Sistem Informasi ITS memiliki empat topik utama yaitu *customer relationship management* (CRM), *enterprise resource planning* (ERP), *supply chain management* (SCM) dan *business process management* (BPM) seperti yang terdapat pada Gambar 1. Dalam tugas akhir yang dikerjakan oleh penulis mengambil *supply chain management* (SCM) sebagai topik utama. Mata kuliah yang berkaitan dengan SCM adalah Simulasi Sistem (SS).



Gambar 1.1 *Roadmap* Penelitian Laboratorium Sistem Enterprise

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini berisikan landasan-landasan yang digunakan peneliti dalam menyelesaikan tugas akhir ini nantinya. Pada bagian ini membahas penelitian sebelumnya yang terkait dan landasan teori yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

2.1. Penelitian Sebelumnya

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang dapat digunakan sebagai bahan kajian maupun referensi terhadap penulisan tugas akhir ini. Penelitian sebelumnya akan dilihat bagaimana gambaran umum penelitian serta keterkaitan penelitian sebelumnya dengan penulisan tugas akhir ini. Berikut penelitian yang berkaitan diantaranya:

Tabel 2.1 Penelitian Sebelumnya

Judul	Analisis Kekeringan Pertanian di Jawa Timur Menggunakan <i>Vegetation Health Index</i>
Nama, Tahun	Luisa Febrina Amalo, 2016
Gambaran umum penelitian	Kajian tentang kekeringan pada pertanian yang dilakukan untuk memantau keberlanjutan pertanian, khususnya di wilayah Jawa Timur yang merupakan wilayah sentra pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik kekeringan, menganalisis dampak ENSO terhadap kekeringan pertanian, serta dampak kekeringan pertanian

	terhadap lahan sawah dan produksi padi di Jawa Timur dengan menggunakan indeks VHI. VHI merupakan kombinasi dari indeks TCI dan VCI yang keduanya didapatkan dari data LST dan indeks vegetasi EVI bulanan citra MODIS [8].
Keterkaitan penelitian	Penelitian ini memiliki kesamaan membahas tentang bencana kekeringan yang melanda pertanian di Jawa Timur. Di dalamnya juga terdapat bagaimana produksi padi pada saat terjadi kekeringan yang melanda lahan persawahan padi.

Judul	Pedoman Umum Adaptasi Perubahan Iklim di Indonesia
Nama, Tahun	Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian, 2011
Gambaran umum penelitian	<p>Berisi pedoman yang bisa digunakan oleh sektor pertanian untuk menghadapi perubahan iklim yang terjadi di Indonesia.</p> <p>Tujuan dari pedoman ini adalah untuk: 1. Memberikan arahan dan meningkatkan pemahaman dalam mengidentifikasi dampak perubahan iklim. 2. Mendorong dan mengarahkan upaya dan program</p>

	aksi adaptasi pertanian untuk mengurangi atau memanfaatkan variabilitas dan dampak perubahan iklim. 3. Mendorong dan mengarahkan upaya identifikasi teknologi existing dan sederhana (indigenous technology dan local wisdom), serta perakitan teknologi yang adaptif terhadap perubahan iklim. 4. Mengembangkan sistem informasi iklim dan diseminasi teknologi yang inovatif dalam menghadapi dampak perubahan iklim [7].
Keterkaitan penelitian	Di dalamnya terdapat bagaimana strategi adaptasi yang digunakan untuk menghadapi kekeringan dan juga banjir yang melanda lahan pertanian yang bisa digunakan untuk bahan referensi.

Judul	Pengembangan Model Rantai Pasok Produksi Beras Untuk Meningkatkan Ketahanan Pangan Dengan Menggunakan Framework Sistem Dinamik
Nama, Tahun	Isnaini Muhandhis, Erma Suryani, 2015
Gambaran umum penelitian	Penelitian ini membahas tentang pembuatan model sistem dinamik dalam rantai pasok produksi beras. Tujuan dari penelitian ini adalah

	mengembangkan model rantai pasok produksi beras dengan mempertimbangkan ketersediaan air dan peran irigasi sesuai dengan kondisi pada saat ini [9].
Keterkaitan penelitian	Penelitian ini menggunakan metode yang sama serta di dalam penelitian ini terdapat model dari produksi padi yang bisa dijadikan bahan referensi untuk penulisan tugas akhir ini.

Judul	Pembuatan Model <i>Climate-Smart Agriculture</i> untuk Adaptasi dan Membangun Ketahanan Terhadap Perubahan Iklim Dalam Produksi Padi (Studi Kasus: Jawa Timur).
Nama, Tahun	Akmal Faza, 2017
Gambaran umum penelitian	Penelitian ini merepresentasikan penerapan CSA melalui model sistem dinamik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui cara adaptasi dan membangun ketahanan akan perubahan iklim dalam produksi padi pada sistem pertanian Indonesia khususnya Provinsi Jawa Timur dengan menggunakan pendekatan <i>Climate Smart Agriculture</i> [10].

Keterkaitan penelitian	Penelitian ini menggunakan metode yang sama serta di dalam penelitian ini terdapat model dari produktivitas padi, produksi padi, hingga model ketersediaan irigrasi yang bisa dijadikan bahan referensi untuk penulisan tugas akhir ini.
------------------------	--

2.2. Landasan Teori

Pada bagian ini akan membahas mengenai beberapa teori-teori dan konsep yang berkaitan dalam tugas akhir ini.

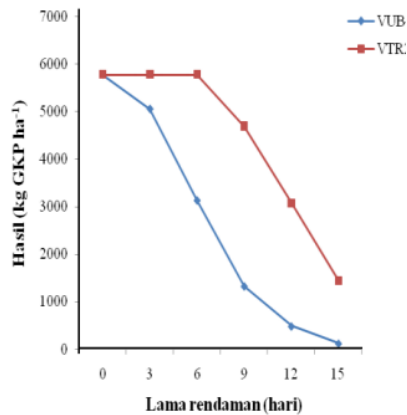
2.2.1. Strategi Adaptasi

Kata “strategi” menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah rencana yang cermat mengenai kegiatan untuk mencapai sasaran khusus [11]. Sedangkan kata “adaptasi” menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah penyesuaian terhadap lingkungan, pekerjaan, dan pelajaran [12]. Menurut Drever (1952), adaptasi memiliki pengertian suatu proses kepekaan organisme terhadap kondisi atau keadaan, baik yang dikerjakan atau yang dipelajari. Smith (1986) mengemukakan bahwa konsep strategi adaptasi mengarah pada rencana tindakan pada kurun waktu tertentu, oleh suatu kelompok tertentu atau keseluruhan manusia sebagai upaya atau langkah-langkah dengan kemampuan yang ada di dalam dan di luar mereka [13]. Jadi strategi adaptasi merupakan sebuah upaya atau tindakan terencana yang dilakukan oleh individu atau kelompok untuk dapat menanggulangi masalah yang dihadapi dengan keadaan lingkungan fisik sekitar dengan tujuan memenuhi kebutuhan dan mencapai tujuan yang diharapkan.

Beberapa strategi adaptasi yang nantinya akan dilakukan simulasi sebagai berikut:

1. Penanaman dengan menggunakan benih yang tahan terhadap banjir atau kekeringan.

Pemilihan benih yang digunakan memengaruhi produktivitas padi saat terjadi banjir maupun kekeringan. Pada saat banjir, benih biasa hanya dapat bertahan selama 5-7 hari saja dalam rendaman air. Sedangkan benih varietas toleran banjir seperti Inpara4 dan Inpara5 mampu bertahan dalam rendaman selama 10-14 hari [7]. Untuk daerah yang sering terkena kekeringan, terdapat juga varietas padi yang tahan kekeringan seperti Inpago5 dan Inpari10 [7].



Gambar 2.1 Perbandingan hasil produksi benih biasa dan toleran rendaman

2. Pembuatan fasilitas untuk menampung simpanan air. Saat terjadi kekeringan, ketersediaan air sangatlah penting. Karena itu strategi adaptasi selanjutnya adalah pembuatan fasilitas untuk menampung air seperti embung dan dam parit [7]. Saat terjadi kekeringan, irigasi dilakukan dari simpanan air pada embung atau dam parit yang tersedia.

3. Pembuatan fasilitas pembuangan air (drainase).

Saat terjadi banjir, rendaman air yang melanda lahan pertanian perlu untuk dibuang. Saluran pembuangan air berguna untuk membuang kelebihan air ke dalam sungai [6]

sehingga dapat mengurangi lama rendaman banjir maupun menghindari banjir.

2.2.2. Model Simulasi

Model adalah sebuah representasi dari sebuah sistem nyata. Model dapat dikatakan baik apabila model tersebut memiliki variabel dan juga perilaku (*behaviour*) yang sesuai dengan sistem nyata yang direpresentasikannya. Model dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok. Diantaranya adalah *physical*, *symbolic*, *dynamic*, *static*, *deterministic*, *stochastic* dan lain sebagainya. Terkait dengan proses validasi model sendiri, model harus dibedakan antara model yang *causal-descriptive* (model berdasarkan teori) atau biasa juga disebut *white-box* dan juga *correlational* (model berdasarkan data) atau bisa disebut juga *black-box*. Sebetulnya hal paling penting dari model agar dapat dikatakan valid adalah nilai output (keluaran) dari model sesuai dengan nilai nyata dengan tingkat akurasi tertentu. Tipe validasi seperti ini cocok untuk model yang dibuat untuk kepentingan *forecast* (peramalan) semata, seperti contohnya adalah model *time-series* dan regresi

2.2.3. Simulasi

Simulasi adalah proses di mana model yang telah dibuat ditambahkan dengan model matematika yang mendukung model tersebut. Kemudian dilakukan simulasi model tersebut untuk mengetahui perilaku (*behaviour*) sistem tersebut pada suatu waktu tertentu.

Kelebihan dari simulasi sendiri diantaranya adalah [14]:

1. Merepresentasikan model yang tidak dapat hanya direpresentasikan dengan model matematis semata.
2. Dapat melakukan eksperimen atau percobaan pada model dan tidak berdampak pada sistem sesungguhnya.
3. Dapat digunakan untuk menilai kinerja suatu sistem.

Dari kelebihan-kelebihan tersebut, terdapat juga kelemahan yang dimiliki oleh simulasi yaitu kualitas keluaran dari model

simulasi tergantung pada pembuat model tersebut. Apabila model direpresentasikan mendekati sistem aslinya maka keluaran akan semakin baik dan sesuai dengan sistem nyata.

2.2.4. Sistem Dinamik

Menurut pengertian *System Dynamic Society*, sistem dinamik adalah sebuah pendekatan untuk menganalisis dan mendesain kebijakan yang dibantu teknologi komputer. Masalah dinamik yang berhubungan dengan sistem dinamik diantaranya adalah sosial, manajerial, ekonomi sampai dengan sistem ekologi. Pendekatan sistem dinamik diawali dengan melakukan pendefinisian masalah melalui metode mapping dan juga modelling. Hal itu dilakukan untuk menganalisis maupun membuat kebijakan baru yang terbaik. Dalam sebuah organisasi ataupun perusahaan kegiatan peramalan permintaan, profit, dan juga beberapa subjek lainnya sangat diperlukan untuk menjalankan organisasi atau perusahaan untuk kedepannya. Dengan menggunakan metode pendekatan sistem dinamik, kegiatan peramalan tersebut akan lebih baik dan juga lebih informatif daripada hanya melakukan peramalan dengan menggunakan hitungan statistik belaka. Dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik pula dapat melakukan peramalan untuk jangka pendek sampai dengan menengah untuk kedepannya [15]. Dalam penggunaannya juga sistem dinamik menggunakan berbagai macam skenario yang dapat memengaruhi jalannya organisasi ataupun perusahaannya untuk tahun-tahun berikutnya. Di mana hasil dari pengoperasian skenario tersebut dapat menjadi pertimbangan untuk menetapkan keputusan dan kebijakan organisasi atau perusahaan. Dengan banyaknya kelebihan yang dimiliki oleh pendekatan melalui sistem dinamik ini diharapkan keputusan ataupun kebijakan yang dikeluarkan merupakan yang terbaik.

Terdapat lima langkah dalam pembuatan model sistem dinamik [16], lima langkah tersebut adalah:

1. *Problem Articulation*, langkah ini dilakukan pendefinisian masalah yang akan diselesaikan menggunakan model sistem

dinamik beserta pendefinisian variabel-variabel yang terkait didalamnya.




2. *Dynamic Hypothesis*, pada langkah ini dibuat diagram kausatik/*Causatic Loop Diagram* yang digunakan untuk menggambarkan gubungan kasualitas antar variabel didalam sistem. Setelah pembuatan diagram kausatik dilanjutkan dengan mengubah diagram tersebut menjadi diagram simulasi atau bisa disebut *Flow Diagram*. Dengan melakukan simulasi akan diambil hipotesa dinamik dengan melihat struktur hubungan antar variabel.

3. *Formulation*, pada tahap ini dilakukan konversi elemen dan variabel didalam sistem menjadi persamaan *level*, *rate*, dan *auxiliary*. Pada tahap ini pula ditentukan estimasi dari nilai awal dan nilai parameter.

4. *Testing*, langkah ini penting dilakukan untuk melakukan perbandingan antara nilai luaran yang dihasilkan simulasi dari model dibandingkan dengan nilai luaran dari sistem nyata. Sebelum dapat melakukan langkah ini harus dilakukan verifikasi dan validasi terhadap model.

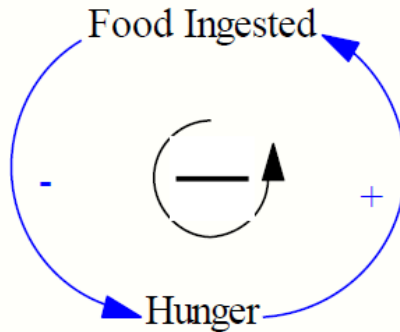
5. *Policy Formulation and Evaluation*, model yang telah dibuat dapat dijadikan acuan untuk membuat ataupun melakukan evaluasi dari kebijakan yang sudah ada terkait sistem yang dimodelkan.

Tabel 2.2 Variabel Dalam Sistem Dinamik

Variabel	Simbol	Keterangan
Level		Representasi untuk total akumulasi kuantitas sepanjang waktu, nilainya berubah seiring dengan perubahan nilai <i>rate</i>
Rate		Nilai yang dapat mengubah nilai <i>level</i>
Auxiliary		Variabel bantu yang dapat memengaruhi nilai dari <i>rate</i>

2.2.5. Diagram Kausatik

Diagram Kausatik atau bisa disebut dengan *Causatic Loop Diagram* (CLD) atau ada juga yang menyebutnya *Casual Loop Diagram* adalah satu bentuk pemetaan yang menunjukkan hubungan sebab akibat antar variabel dengan panah dari sebab ke akibat [17]. Causal loop diagram menggambarkan hubungan kausal antar variabel sistem. Polaritas aliran dibagi 2 yaitu polaritas aliran positif (+) dan negatif (-). Disebut positif bila perubahan variabel pada awal aliran menyebabkan bertambahnya nilai variabel pada akhir aliran. Sebaliknya disebut negatif bila perubahan variabel pada pada awal aliran menyebabkan berkurangnya nilai variabel pada akhir aliran (berlawanan) [18]. *Casual Loop Diagram* (CLD) merupakan dasar dari membuat sebuah simulasi sistem dinamik.

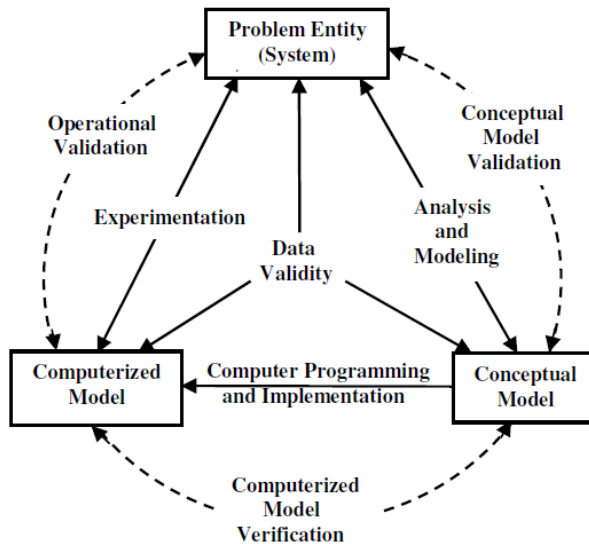


Gambar 2.2 Contoh Diagram Kausatik

Contoh Diagram Kausatik dapat dilihat pada gambar di atas. Terdapat dua variabel atau elemen, yaitu *Food Ingested* (konsumsi makanan) dan *Hunger* (lapar). Dapat dilihat bahwa lapar akan meningkatkan konsumsi makanan dan sebaliknya dengan konsumsi makanan akan menurunkan tingkat lapar.

2.2.6. Verifikasi dan Validasi

Verifikasi adalah proses untuk memastikan bagaimana cara yang digunakan dalam melakukan ataupun membuat sesuatu dalam kasus ini adalah sebuah model sudah benar. Sementara validasi adalah proses untuk memastikan model yang dibuat sudah sesuai dan benar [20]. Verifikasi dan validasi adalah sebuah proses yang berkelanjutan. Proses verifikasi dan validasi selayaknya harus dilakukan pada setiap tahapan pembuatan model.



Gambar 2.3 Diagram Verifikasi dan Validasi Model

Untuk penjelasan beberapa poin dari gambar di atas adalah sebagai berikut:

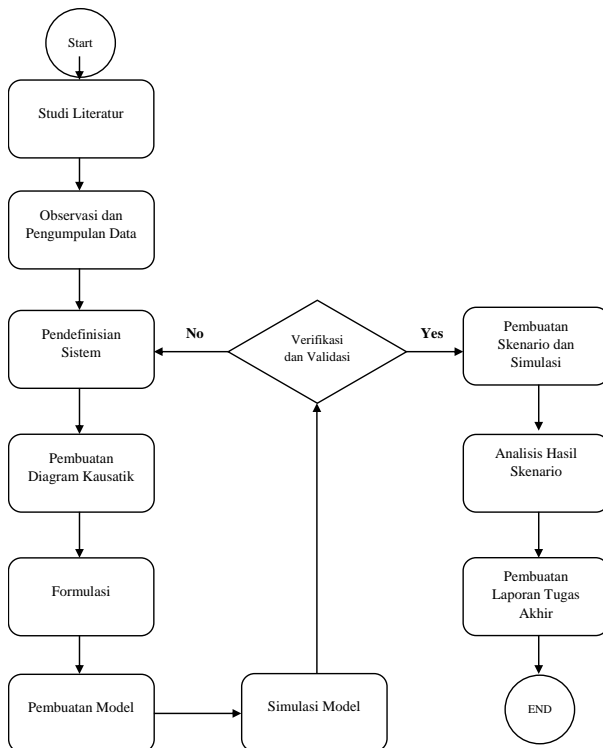
1. *Conceptual Model Validation*, merupakan validasi untuk menentukan bahwa teori dan asumsi yang dipergunakan sebagai dasar model adalah benar.
2. *Computerized Model Verification*, merupakan verifikasi untuk mengecek apakah model telah dibuat dengan bantuan *tools* pada computer telah benar.
3. *Operational Validation*, untuk menentukan bahwa output (luaran) yang dihasilkan model memiliki tingkat akurasi yang cukup untuk tujuan pembuatan model.
4. *Data Validity*, adalah memastikan bahwa data yang digunakan dalam pembuatan model, evaluasi model, pengujian model, dan melakukan eksperimen pada model telah memadai dan benar.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan terkait metodologi yang akan digunakan sebagai panduan untuk menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.

3.1. Diagram Metodologi

Diagram metodologi menjelaskan mengenai proses pelaksanaan pengerjaan tugas Akhir yang sebagai berikut:



Gambar 3.1 Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir

3.2. Uraian Metodologi

Berdasarkan diagram metodologi penelitian yang telah digambarkan sebelumnya, setiap tahapan dari metodologi tersebut akan dijelaskan dalam sub bab ini, penjelasannya adalah sebagai berikut:

3.2.1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur sesuai dengan kasus yang menjadi topik pembahasan pada tugas akhir ini yaitu model simulasi dan skenario strategi adaptasi untuk mengatasi dan mencegah bencana dalam sistem pertanian komoditas padi (studi kasus: Jawa Timur). Studi literatur sendiri berisi penelitian sebelumnya dan juga dasar teori yang terkait dengan topik pembahasan. Literatur yang digunakan pada tugas akhir ini berasal dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, *paper*, maupun *website*. Literatur yang digunakan sendiri dengan tema seputar sistem dinamik, sistem produksi pertanian serta bencana banjir dan kekeringan pada pertanian.

3.2.2. Observasi dan Pengumpulan Data

Pada tahap ini peneliti melakukan observasi dan pengumpulan data terkait studi kasus yaitu model simulasi dan skenario strategi adaptasi untuk mengatasi dan mencegah bencana dalam sistem pertanian komoditas padi (studi kasus: Jawa Timur). Data didapat dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur. Beberapa data yang diperlukan diantaranya adalah data produksi dan produktivitas padi saat terjadi banjir dan kekeringan Provinsi Jawa Timur, data terkait penyebab dan pengaruh bencana banjir dan kekeringan pada produksi padi di Provinsi Jawa Timur dan juga data terkait strategi adaptasi dari Dinas Pertanian terhadap bencana banjir dan kekeringan pada produksi padi. Selain dengan mengumpulkan data-data tersebut dilakukan pula observasi untuk mengetahui bagaimana bencana banjir dan kekeringan memengaruhi proses dari produksi padi dan juga faktor-faktor dan variabel apa yang terlibat di dalamnya.

3.2.3. Pendefinisian Sistem

Tahap pendefinisian sistem dilakukan berdasarkan dari data-data yang telah diperoleh dari tahap sebelumnya. Sistem didefinisikan berdasarkan dengan hasil observasi dan didukung dengan data-data yang telah diperoleh. Pendefinisian sistem sendiri bertujuan untuk menggambarkan kondisi saat ini (*as is*) dari sistem yang telah ada. Pada pendefinisian sistem akan ditentukan mengenai beberapa variable dan juga faktor - faktor terkait dengan pengaruh bencana banjir dan kekeringan terhadap sistem pertanian komoditas padi. Namun pada perkembangan kedepannya bisa jadi ada kemungkinan adanya perubahan dari variable dan faktor yang terkait. Terkait dengan judul tugas akhir ini, terdapat beberapa variable yang terdapat di dalamnya seperti curah hujan, banjir, kekeringan, drainase, ketersediaan simpanan air, irigasi, benih, pupuk, teknik tanam, produktivitas lahan padi, luas lahan padi, dan produksi padi.

3.2.4. Pembuatan Diagram Kausatik

Langkah tahap selanjutnya adalah pembuatan diagram kausatik. Diagram kausatik atau bisa disebut dengan *Causatic Loop Diagram* (CLD) atau ada juga yang menyebutnya *Casual Loop Diagram* adalah satu bentuk pemetaan yang menunjukkan hubungan sebab akibat antar variabel dengan panah dari sebab ke akibat [17]. Tujuan dari pembuatan diagram kausatik adalah untuk lebih jelas mengetahui bagaimana hubungan antar variabel di dalam sistem yang telah didefinisikan pada langkah sebelumnya.

3.2.5. Formulasi

Untuk dapat dilakukan simulasi, elemen-elemen dari model kausatik perlu dikonversi menjadi persamaan dalam simulasi sistem. Tiga tipe variabel persamaannya adalah *Level*, *Rate*, dan *Auxiliary*. *Level* merupakan representasi untuk total akumulasi kuantitas sepanjang waktu, nilainya berubah seiring dengan perubahan nilai *rate*. *Rate* merupakan nilai yang dapat mengubah nilai *level*. Sedangkan *auxiliary* merupakan variabel bantu yang dapat memengaruhi nilai dari *rate*.

3.2.6. Pembuatan Model

Vensim merupakan sebuah tool yang membantu dalam pembuatan model, simulasi, optimasi serta analisis model. Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan model berdasarkan dari tahap - tahap sebelumnya dengan menggunakan software Vensim ini. Model kausatik yang telah dibuat formulasinya selanjutnya akan dibuat modelnya dengan menggunakan vensim, vensim sendiri akan digunakan untuk membantu peneliti dalam proses simulasi.

3.2.7. Simulasi Model

Setelah pembuatan model dengan vensim selesai. Proses selanjutnya yang akan dilakukan adalah melakukan simulasi dari model yang telah dibuat tersebut. Simulasi dilakukan untuk melihat jalannya proses dari model yang ada pada saat ini (kondisi *as is*).

3.2.8. Verifikasi dan Validasi

Setelah simulasi telah dilakukan maka tahapan selanjutnya adalah melakukan verifikasi dan validasi dari model yang telah dibuat. Verifikasi dan validasi akan melihat apakah model yang dibuat sudah sesuai dengan kondisi saat ini (*as is*) atau belum. Ketika model yang dibuat belum sesuai dengan kondisi terkini maka akan kembali pada tahap pembuatan model yang dilakukan pada langkah sebelumnya, namun apabila model yang telah dibuat sudah dapat dibilang valid maka penelitian dapat dilanjutkan pada tahap selanjutnya yaitu pembuatan skenario dari model.

3.2.9. Pembuatan Skenario dan Simulasi

Setelah model dinyatakan valid, maka dapat melakukan proses selanjutnya. Pembuatan skenario merupakan pengembangan dari proses simulasi, dimana dilakukan perubahan nilai pada variabel tertentu untuk mengetahui dampaknya pada nilai *output* simulasi. Selain dengan melakukan perubahan pada nilai variabel, dilakukan juga dengan mengubah rentang waktu simulasi menjadi beberapa tahun kedepan. Hal ini dilakukan

untuk mencari alternatif simulasi yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan.

3.2.10. Analis Hasil Skenario

Hasil dari simulasi skenario yang telah dibuat kemudian dianalisis. Analisa sendiri dilakukan dengan melihat hasil dari output simulasi. Dilakukan identifikasi variabel yang meskipun terjadi banjir atau kekeringan berpengaruh signifikan terhadap peningkatan produksi pertanian padi di Jawa Timur. Harapannya hasil dari analisa ini akan menjadi bantuan dalam membuat kebijakan baru terkait sistem pertanian yang lebih baik.

3.2.11. Pembuatan Laporan Tugas Akhir

Tahap terakhir adalah penyusunan laporan tugas akhir yang menjelaskan pengerjaan semua proses yang telah dijelaskan sebelumnya. Di mana di dalamnya juga terdapat kesimpulan dari penelitian.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV PERANCANGAN

Pada bab bagian ini menjelaskan mengenai rancangan pengembangan model sistem yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir ini. Rancangan ini meliputi kebutuhan data, rancangan gambaran model sistem, serta hasil implementasi.

4.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam tugas akhir ini merupakan data-data terkait sistem pertanian komoditas padi beserta bencana di dalamnya. Data diperoleh melalui pengambilan data dan wawancara kepada Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur dan juga pengambilan data melalui statistik *online* Badan Pusat Statistik dan beberapa instansi terkait. Beberapa data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Data produksi padi di Jawa Timur
2. Data produktivitas padi di Jawa Timur
3. Data luas tanam padi di Jawa Timur
4. Data luas panen padi di Jawa Timur
5. Data luas lahan terkena banjir di Jawa Timur
6. Data luas lahan terkena kekeringan di Jawa Timur
7. Data curah hujan di Jawa Timur
8. Data *Southern Oscillation Index*

Beberapa data yang dibutuhkan diatas menggunakan rentang waktu antara tahun 2009 sampai dengan data paling terbaru. Selain akan kebutuhan data, diperlukan juga pemahaman konsep akan sistem pertanian komoditas padi yang ada. Guna memenuhi pemahaman akan konsep dari sistem pertanian komoditas padi dilakukan diskusi dengan pihak Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Jawa Timur khususnya pada bidang tanaman pangan.

4.1.1. Data Produksi Padi

Berikut merupakan nilai dari produksi padi pada provinsi Jawa timur. Dapat dilihat pada Tabel 4.1 menunjukkan angka produksi padi Provinsi Jawa Timur. Data tersebut didapatkan dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Jawa Timur.

Tabel 4.1 Produksi Padi

Tahun	Produksi (ton)
2009	11,259,085
2010	11,643,773
2011	10,576,543
2012	12,198,707
2013	12,049,342
2014	12,397,049
2015	13,154,967
2016	13,633,701
2017	13,060,464

4.1.2. Data Produktivitas Padi di Jawa Timur

Data produktivitas padi di Jawa Timur juga diperoleh dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur. Produktivitas padi mempunyai satuan ton. Dapat dilihat pada Tabel 4.2 merupakan data produktivitas padi di Jawa Timur seperti berikut.

Tabel 4.2 Data Produktivitas Padi di Jawa Timur

Tahun	Produktivitas Padi(ton)
2009	5.911
2010	5.929
2011	5.489
2012	6.174
2013	5.915
2014	5.981
2015	6.113
2016	5.984
2017	5.715

4.1.3. Data Luas Tanam Padi di Jawa Timur

Data Luas Tanam diperlukan untuk mengetahui berapa ha luas tanam padi di Jawa Timur. Dapat dilihat tabel di bawah merupakan data luas tanam padi di Jawa Timur yang didapat dari laporan statistik Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur.

Tabel 4.3 Data Luas Tanam Padi di Jawa Timur

Tahun	Luas Tanam Padi (ha)
2009	1,914,926
2010	1,973,637
2011	1,934,000

Tahun	Luas Tanam Padi (ha)
2012	1,982,398
2013	2,053,657
2014	2,083,171
2015	2,167,203
2016	2,289,090
2017	2,285,661

4.1.4. Data Luas Panen Padi di Jawa Timur

Data luas panen padi di Jawa Timur diperlukan untuk mengetahui berapa nilai produksi padi dengan mengalikan dengan produktivitas padi. Dapat dilihat pada tabel 4.4 merupakan data luas panen padi di Jawa Timur yang didapatkan dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur.

Tabel 4.4 Data Luas Panen Padi di Jawa Timur

Tahun	Luas Panen (ha)
2009	1,904,830
2010	1,963,983
2011	1,926,796
2012	1,975,719
2013	2,037,021
2014	2,072,630
2015	2,152,070
2016	2,278,460

Tahun	Luas Panen (ha)
2017	2,285,232

4.1.5. Data Luas Lahan Terkena Banjir Jawa Timur

Digunakan untuk mengetahui nilai dari luas lahan terkena banjir dalam komoditas padi. Dapat dilihat pada tabel 4.5 berapa hektar luas lahan yang terkena banjir di Jawa Timur. Data didapat dari laporan statistik kementerian Pertanian.

Tabel 4.5 Luas Lahan Terkena Banjir

Tahun	Luas Lahan Banjir (ha)
2009	27,227.00
2010	58,806.00
2011	24,029.00
2012	18,725.54
2013	54,961.77
2014	16,179.15
2015	11,173.81
2016	37,275.02
2017	19,236.73

4.1.6. Data Luas Lahan Terkena Kekeringan di Jawa Timur

Berikut merupakan data luas lahan terkena kekeringan di Jawa Timur yang disajikan dalam tabel 4.6 dengan satuan hektar. Data didapat dari laporan statistik kementerian Pertanian.

Tabel 4.6 Luas Lahan Terkena Kekeringan

Tahun	Luas Lahan Kekeringan (ha)
2009	7,223.00
2010	409.00
2011	9,078.00
2012	16,803.05
2013	8,727.47
2014	8,081.53
2015	28,973.20
2016	11,112.20
2017	1,003.34

4.1.7. Data Curah Hujan di Jawa Timur

Data curah hujan di Jawa Timur diperlukan karena variabel curah hujan sangat berpengaruh terhadap bencana banjir maupun kekeringan. Berikut data curah hujan yang disajikan dalam tabel 4.7. Data didapat dari laporan curah hujan Badan Pusat Statistik.

Tabel 4.7 Data Curah Hujan

Tahun	Curah Hujan (mm)
2009	180.64
2010	241.25
2011	178.91
2012	167.72

Tahun	Curah Hujan (mm)
2013	221.76
2014	165.02
2015	156.17
2016	214.73
2017	176.98

4.1.8. Data *Southern Oscillation Index*

Data *Southern Oscillation Index* diperlukan untuk menentukan curah hujan dan juga apakah terjadi fenomena *La Nina* yang sering menyebabkan curah hujan tinggi dan juga banjir, serta fenomena *El Nino* yang menyebabkan curah hujan rendah serta kekeringan. Data *Southern Oscillation Index* seperti pada tabel 4.8 didapat dari Australian Government Bureau of Meteorology.

Tabel 4.8 Data Southern Oscillation Index

Tahun	SOI	Kejadian
2009	-0.2	Normal
2010	9.8	La Nina
2011	13.4	La Nina
2012	-0.7	Normal
2013	3.98	Normal
2014	-3.03	Normal
2015	-11.23	El Nino
2016	-3.08	Normal

Tahun	SOI	Kejadian
2017	2.88	Normal

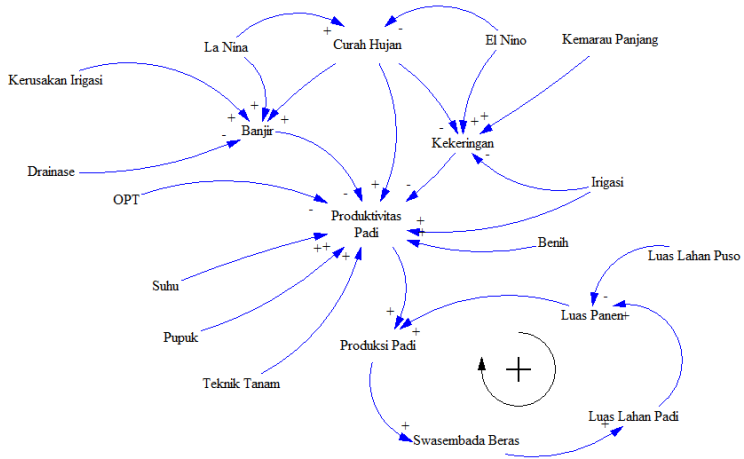
4.2. Pengolahan Data

Data yang didapatkan kemudian dilakukan proses pengolahan data. Data diolah dengan tujuan untuk melihat hubungan antara variabel-variabel yang berpengaruh terhadap bencana dalam sistem pertanian komoditas padi di Jawa Timur. Hasil dari pengolahan data ini akan menunjukkan gambaran kondisi saat ini terkait sistem yang ada. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam proses pengolahan data ini diantaranya adalah

1. Pembuatan Model Diagram Kausatik (*Causal Loop Diagram*)
2. Pembuatan Model Diagram Arus (*Flow Diagram*)
3. Melakukan verifikasi model
4. Melakukan validasi model
5. Membuat rancangan skenario

4.3. Pembuatan Model Diagram Kausatik

Langkah pertama yang dilakukan dalam simulasi sistem dinamik adalah dengan membuat model diagram kausatik. Model diagram kausatik digunakan untuk menggambarkan hubungan antar variabel didalam sistem yang akan dimodelkan. Hubungan yang dimaksud disini adalah hubungan sebab akibat antar variabel. Model yang akan dibuat adalah model kondisi saat ini dari sistem (*as is*). Model diagram kausatik yang dibuat akan berfokus untuk menggambarkan hubungan antar variabel dalam sistem pertanian komoditas padi di Jawa Timur khususnya bencana banjir dan kekeringan yang menimpa sistem pertanian komoditas padi di Jawa Timur. Gambar dibawah merupakan gambar diagram kausatik



Gambar 4.1 Model Diagram Kausatik

Berdasarkan hasil survey dan diskusi kepada dinas terkait, beberapa hal yang berpengaruh terhadap produksi padi pada umumnya diantaranya adalah

1. Produktivitas
 - a. Benih
 - b. Pupuk
 - c. Teknik Tanam
 - d. Irigasi
 - e. Curah Hujan
 - f. Suhu
 - g. Banjir
 - h. Kekeringan
 - i. Organisme Perusak Tanaman (OPT)
2. Banjir
 - a. Curah Hujan
 - b. Fenomena La Nina
 - c. Kerusakan Irigasi
 - d. Drainase
3. Kekeringan
 - a. Curah Hujan
 - b. Fenomena *El Nino*

- c. Kemarau Panjang
- d. Irigasi

4. Luas Lahan Padi

Dari gambar 4.1 dapat terlihat hubungan antar variabel serta juga pengaruhnya. Dibawah ini merupakan penjelasan dari diagram kausatik diatas

1. Produktivitas Padi

Merupakan nilai produktivitas padi yang dipengaruhi oleh berbagai variabel seperti curah hujan, benih, pupuk, teknik tanam, suhu, banjir, kekeringan, dan OPT. Pada umumnya nilai produktivitas sawah diukur dengan satuan kwintal per hektar (ku/ha) ataupun ton per hektar (ton/ha). Variabel produktivitas merupakan salah satu faktor utama yang dapat digunakan untuk perhitungan produksi.

2. Benih

Merupakan salah satu faktor yang membentuk produktivitas.

3. Pupuk

Sama halnya dengan benih, pupuk juga merupakan salah satu faktor pembentuk produktivitas.

4. Teknik Penanaman

Salah satu faktor yang juga mempengaruhi produktivitas.

5. Irigasi

Salah satu faktor pembentuk produktivitas juga.

6. Curah Hujan

Merupakan rata-rata tingkat curah hujan bulanan yang dinyatakan dalam satuan millimeter (mm).

7. Suhu

Merupakan nilai suhu rata-rata dalam satu tahun, dinyatakan dalam satuan celcius ($^{\circ}\text{C}$).

8. Banjir

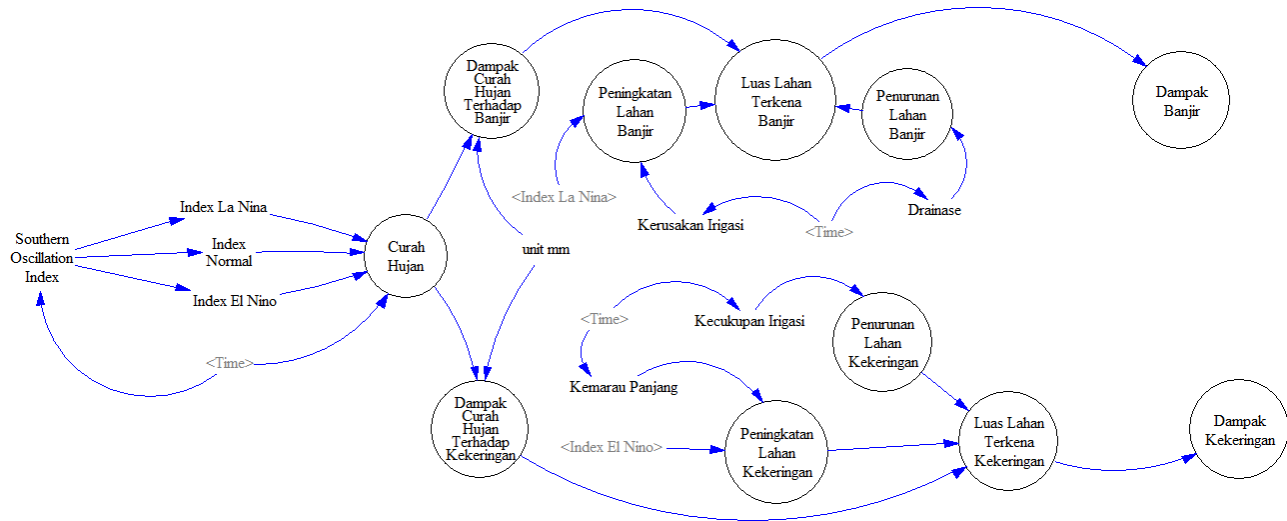
Merupakan bencana yang melanda sistem pertanian komoditas padi dengan merendam lahan tanam padi dan juga variabel yang mengurangi produktivitas

9. Kekeringan
Merupakan bencana yang melanda sistem pertanian komoditas padi dengan tidak adanya air untuk mengairi lahan padi dan juga merupakan variabel yang mengurangi produktivitas
10. Organisme Pengganggu Tanaman
Merupakan salah satu faktor yang dapat menurunkan tingkat produktivitas.
11. *El Nino*
Merupakan kejadian fenomena *El Nino* yang menyebabkan curah hujan rendah dan juga kekeringan
12. *La Nina*
Merupakan kejadian fenomena *La Nina* yang menyebabkan curah hujan tinggi dan juga banjir.
13. Luas Lahan Padi
Merupakan nilai luas lahan padi yang dinyatakan dalam satuan hektar (ha)
14. Produksi Padi
Merupakan nilai produksi padi yang dihitung dari hasil perkalian nilai produktivitas dengan luas panen
15. Swasembada Beras
Merupakan kecukupan produksi padi untuk memenuhi kebutuhan konsumsi beras di Jawa Timur
16. Drainase
Merupakan saluran pembuangan air sehingga mampu mengurangi banjir yang terjadi
17. Kerusakan Irigasi
Merupakan variabel yang menyebabkan banjir karena ketidaklancaran arus irigasi sehingga terjadi peluapan air ke dalam lahan padi.

4.4. Pembuatan Model Diagram Arus

Tahap selanjutnya adalah pemodelan data dengan menggunakan pemodelan diagram arus (*Flow Diagram*). Pemodelan data dilakukan untuk mengetahui pola perilaku antar variabel dengan tujuan untuk melakukan simulasi dan melakukan verifikasi dan validasi kesesuaian model dengan sistem nyata. Setelah diagram kausatik sebelumnya telah dibuat, maka selanjutnya diagram arus (*Flow Diagram*) yang akan digunakan dalam pemodelan skenario. Berikut merupakan implementasi pembuatan *flow diagram*:

4.4.1. Sub Model Bencana Banjir dan Kekeringan



Gambar 4.2 Diagram Arus - Sub Model Bencana Banjir dan Kekeringan

Dalam sub model bencana banjir dan kekeringan ini (Gambar 4.2). Model diawali dengan *Southern Oscillation Index* yang nantinya akan menentukan 3 kejadian yaitu fenomena *La Nina*, *El Nino*, atau normal. Apabila terjadi fenomena *La Nina* maka curah hujan akan cenderung tinggi. Apabila terjadi *El Nino* maka curah hujan akan cenderung rendah. Sedangkan untuk normal maka curah hujan juga cenderung sedang.

Dalam bencana banjir, luas lahan terkena banjir bergantung pada curah hujan yang tinggi. Semakin tinggi curah hujan maka semakin besar luas lahan yang terkena banjir. Variabel yang meningkatkan hujan lainnya yaitu fenomena *La Nina* serta kerusakan irigasi. Sedangkan untuk variable yang menurunkan lahan banjir yaitu adanya drainase yang baik. Dari luas lahan yang terkena banjir nantinya akan ditentukan dampak banjir yang berpengaruh terhadap produktivitas padi.

Untuk bencana kekeringan, luas lahan terkena kekeringan juga bergantung kepada curah hujan yang rendah. Curah hujan yang rendah akan menyebabkan lahan terkena kekeringan. Variabel lain yang memengaruhi peningkatan lahan kekeringan adalah fenomena *El Nino* dan juga kemarau Panjang. Untuk faktor yang memengaruhi penurunan lahan kekeringan adalah adanya kecukupan irigasi yang menutupi kekeringan yang terjadi. Dari luas lahan yang terkena kekeringan akan didapat dampak dari kekeringan terhadap produktivitas padi yang nantinya akan mengurangi nilai dari produktivitas padi.

Pada sub model ini akan dilakukan penilaian terhadap luas lahan yang terkena banjir dan juga lahan yang terkena kekeringan. Persamaan yang digunakan pada submodel ini dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Formulasi - Sub Model Bencana Banjir dan Kekeringan

Variabel	Persamaan
Southern Oscillation Index	IF THEN ELSE(Time=2009, -0.2, IF THEN ELSE(Time=2010, 9.8, IF THEN ELSE(Time=2011, 13.4, IF THEN ELSE(Time=2012, -0.7, IF THEN ELSE(Time=2013, 3.98, IF THEN ELSE(Time=2014, -3.03, IF THEN ELSE(Time=2015, -11.23, IF THEN ELSE(Time=2016, -3.08, IF THEN ELSE(Time=2017 , 2.88 , RANDOM NORMAL(-13.08, 13.3, -1.14, 5.92, 0)))))))))))
Index La Nina	IF THEN ELSE(Southern Oscillation Index>5, 1, 0)
Index Normal	IF THEN ELSE(Southern Oscillation Index>=-5:AND:Southern Oscillation Index<=5, 1, 0)
Index El Nino	IF THEN ELSE(Southern Oscillation Index<=-5, 1, 0)
Curah Hujan	IF THEN ELSE(Time=2013, 221 , IF THEN ELSE(Time=2016, 214 , IF THEN ELSE(Index Normal=1, RANDOM NORMAL(165, 180 , 172 , 7.4 , 0) , IF THEN ELSE(Index La Nina=1, RANDOM NORMAL(179, 241 , 210 , 0 , 0) , IF THEN ELSE(Index El Nino=1, RANDOM NORMAL(150 , 165 , 156 , 7.1, 0) , 0)))))

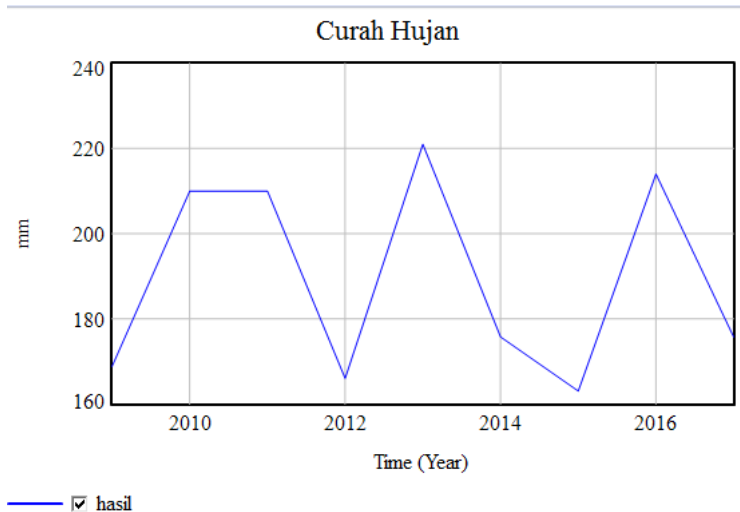
Variabel	Persamaan
Dampak Curah Hujan Terhadap Banjir	WITH LOOKUP (Curah Hujan) ([(0,-0.3)- (250,60000)],(150,11173),(156,111 73),(165,16179),(167,18725),(176,1 9236),(178,24029),(180,27227),(21 4,37275),(221,54961),(241,58806),(250,58806))
Luas Lahan Terkena Banjir	Dampak Curah Hujan Terhadap Banjir+Peningkatan Lahan Banjir- Penurunan Lahan Banjir
Peningkatan Lahan Banjir	IF THEN ELSE(Index La Nina=1, 22000 , IF THEN ELSE(Kerusakan Irigasi=1, 5000 , 0))
Kerusakan Irigasi	IF THEN ELSE(Time=2009, 1 , 0)
Penurunan Lahan Banjir	IF THEN ELSE(Drainase=1, 34000 , IF THEN ELSE(Drainase=2, 3000 , 0))
Drainase	IF THEN ELSE(Time=2011, 1 , IF THEN ELSE(Time=2014:OR:Time=2017, 2 , 0))
Dampak Banjir	IF THEN ELSE(Luas Lahan Terkena Banjir>15000, RANDOM NORMAL(0.25*0.003, 0.25*0.125, 0.25*0.04, 0.25*0.057, 0) , 0.25*0.003)
Dampak Curah Hujan Terhadap Kekeringan	=WITH LOOKUP (Curah Hujan) ([(0,-0.5)- (250,20000)],(150,18000),(156,150 00),(165,10000),(168,9000),(177,83

	00),(180,7000),(215,6000),(221,5000),(241,409),(250,409))
Variabel	Persamaan
Luas Lahan Terkena Kekeringan	Dampak Curah Hujan Terhadap Kekeringan+Peningkatan Lahan Kekeringan-Penurunan Lahan Kekeringan
Peningkatan Lahan Kekeringan	IF THEN ELSE(Index El Nino=1, 14000, IF THEN ELSE(Kemarau Panjang=1, 8000 , IF THEN ELSE(Kemarau Panjang=2, RANDOM NORMAL(3700, 5000 , 4350 , 0 , 0) , 0)))
Kemarau Panjang	IF THEN ELSE(Time=2012, 1 , IF THEN ELSE(Time=2013:OR:Time=2016, 2 , 0))
Penurunan Lahan Kekeringan	IF THEN ELSE(Kecukupan Irigasi=1, 5574 , IF THEN ELSE(Kecukupan Irigasi=2 , 7500 , 0))
Kecukupan Irigasi	IF THEN ELSE(Time=2010, 1 , IF THEN ELSE(Time=2017, 2 , 0))
Dampak Kekeringan	IF THEN ELSE(Luas Lahan Terkena Kekeringan>10000, RANDOM NORMAL(0.1*0.003, 0.1*0.125, 0.1*0.04, 0.1*0.057, 0) , 0.1*0.003)

Terdapat 3 variabel yang nantinya hasilnya akan divalidasi dengan kondisi sistem nyata yaitu curah hujan, luas lahan banjir, dan luas lahan kekeringan. Untuk hasil output dari

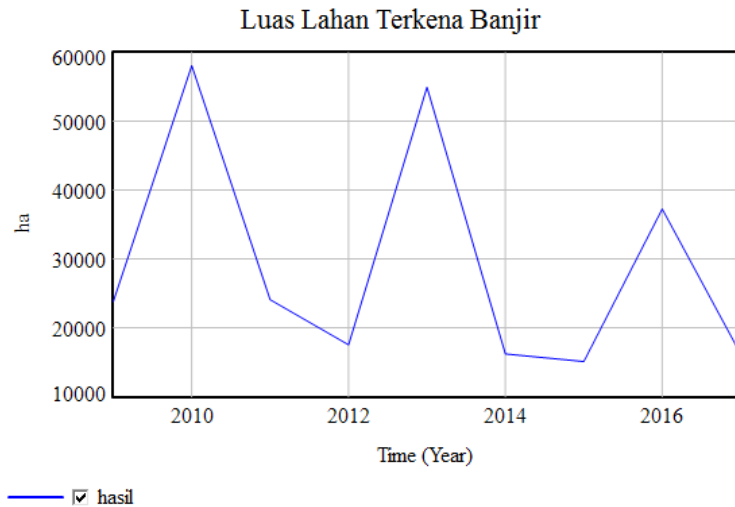
submodel ini yaitu dampak banjir dan dampak kekeringan nantinya akan memengaruhi rate penurunan pada produktivitas padi.

Variabel pertama yang nantinya akan divalidasi adalah curah hujan. Grafik curah hujan dari tahun 2009 sampai dengan 2017 cenderung naik turun dan tidak teratur seperti dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Curah Hujan

Variabel berikutnya yang nantinya akan divalidasi nilainya adalah luas lahan terkena banjir (Gambar 4.4). Hampir sama seperti curah hujan, tiap tahunnya luas lahan yang terkena banjir juga naik turun tidak teratur. Dapat dilihat puncak grafik terdapat pada tahun 2010 dimana terjadi fenomena La Nina.



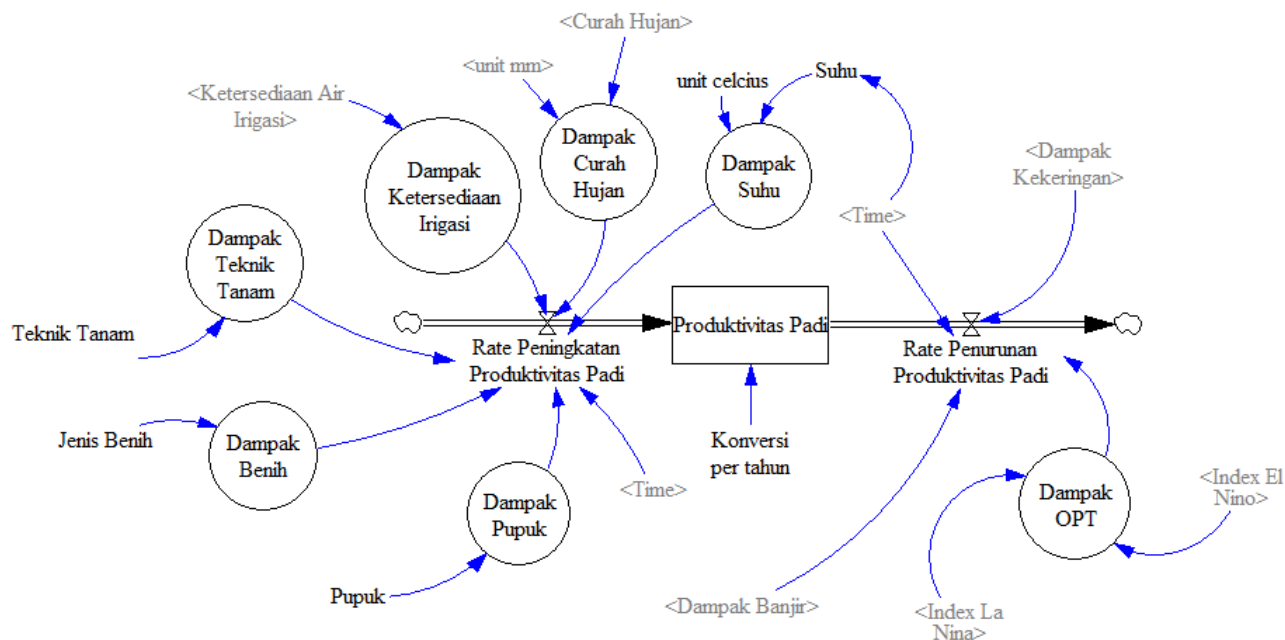
Gambar 4.4 Luas Lahan Terkena Banjir

Variabel ketiga dalam sub model ini yang akan divalidasi adalah Luas Lahan Terkena Kekeringan. Terlihat nilai paling tinggi terdapat pada tahun 2015, yaitu saat terjadi fenomena El Nino.



Gambar 4.5 Luas Lahan Terkena Kekeringan

4.4.2. Sub Model Produktivitas Padi



Gambar 4.6 Diagram Arus - Sub Model Produktivitas Padi

Nilai produktivitas pada akan dipengaruhi oleh nilai *rate* peningkatan dan juga nilai *rate* penurunan produktivitas tersebut sendiri. Nilai peningkatan produktivitas dan penurunan produktivitas padi dipengaruhi beberapa faktor atau variabel diantaranya adalah jenis benih yang digunakan, teknik tanam yang digunakan, pupuk yang diberikan, dampak dari irigasi dan juga dampak curah hujan, suhu, organisme pengganggu tanaman (OPT) dan juga bencana banjir dan kekeringan. Untuk nilai produktivitas pada akhirnya merupakan hasil pengurangan dari nilai peningkatan dikurangi dengan nilai penurunan produktivitas.

Nilai peningkatan produktivitas padi dalam penelitian ini ditentukan dari kontribusi peningkatan dari beberapa faktor atau variable yaitu jenis benih, teknik tanam, ketersediaan irigasi, pupuk yang diberikan, dan juga dampak dari curah hujan dan suhu. Berdasarkan hasil survey kepada Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan didapatkan nilai kontribusi untuk setiap variabel diatas adalah sebagai berikut.

Benih	15%
Teknik Tanam	18%
Pupuk	25%
Irigasi	15%
Curah Hujan	13.5%
Suhu	13.5%
Total	100%

Kemudian untuk nilai penurunan produktivitas dalam penelitian ini ditentukan dari nilai dampak banjir, dampak kekeringan, dan dampak organisme pengganggu tanaman (OPT).

Pada sub model ini akan dilakukan penilaian terhadap produktivitas Padi di Jawa Timur yang hasilnya berdasarkan

nilai peningkatan produktivitas dan juga nilai penurunan produktivitas. Persamaan yang digunakan pada submodel ini dapat dilihat pada tabel dibawah

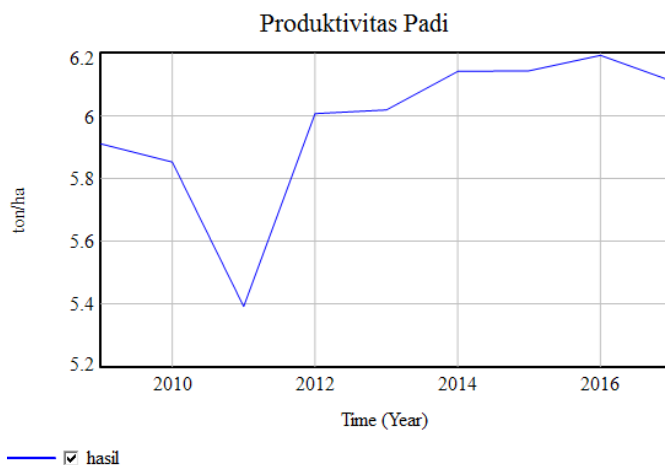
Tabel 4.10 Formulasi - Sub Model Produktivitas Padi

Variabel	Persamaan
Produktivitas Padi	(Rate Peningkatan Produktivitas Padi-Rate Penurunan Produktivitas Padi)*Produktivitas Padi
Rate Peningkatan Produktivitas Padi	IF THEN ELSE(Time=2011, 0.18 , Dampak Benih+Dampak Curah Hujan+Dampak Ketersediaan Irigasi+Dampak Pupuk+Dampak Suhu+Dampak Teknik Tanam)
Rate penurunan produktivitas ladang	IF THEN ELSE(Time=2010, 0.12 , Dampak Banjir+Dampak Kekeringan+Dampak OPT)
Dampak Benih	IF THEN ELSE(Jenis Benih=1, RANDOM NORMAL(0.15*0.003, 0.15*0.125, 0.15*0.04, 0.15*0.057, 0), 0.15*0.003)
Jenis Benih	1
Dampak Teknik Tanam	IF THEN ELSE(Teknik Tanam=1, RANDOM NORMAL(0.18*0.003, 0.18*0.125, 0.18*0.04, 0.18*0.057, 0), 0.18*0.003)
Teknik Tanam	1
Dampak Pupuk	IF THEN ELSE(Pupuk=1, RANDOM NORMAL(0.25*0.003, 0.25*0.125, 0.25*0.04, 0.25*0.057, 0) , 0.25*0.003)
Pupuk	1

Variabel	Persamaan
Dampak Ketersediaan Irigasi	IF THEN ELSE(Ketersediaan Air Irigasi \geq 1, RANDOM NORMAL(0.15*0.003, 0.15*0.125, 0.15*0.04, 0.15*0.057, 0), 0.15*0.003)
Dampak Curah Hujan	=WITH LOOKUP(Curah Hujan) ([(150,-1)-(3500,10)],(150,-0.0109538),(160,0.00027),(170,0.00027),(180,0.001485),(190,0.00405),(200,0.001485),(210,0.00027),(220,0.00027),(230,0.00027),(260,-0.01095))
Dampak Suhu	=WITH LOOKUP (Suhu) ([(0,-2)-(32,10)],(22,-0.0109538),(25,0.00027),(26,0.001485),(27,0.00405),(28,0.001485),(29,0.00027),(30,-0.0109538),(31,-0.58),(32,-1.16))
Suhu	IF THEN ELSE(Time \leq 2010, RANDOM NORMAL(16.6, 36.7, 27.649, 0.29, 0), IF THEN ELSE(Time \leq 2020, RANDOM NORMAL(16.6, 36.7, 27.8, 0.29, 0), IF THEN ELSE(Time \leq 2030, RANDOM NORMAL(16.6, 36.7, 27.95, 0.29, 0), RANDOM NORMAL(16.6, 36.7, 28.1, 0.29, 0))))
Dampak OPT	IF THEN ELSE(Index El Nino=1, 0.3*0.003, IF THEN ELSE(Index La Nina=1, 0.3*0.125, RANDOM

	NORMAL(0.3×0.003 , 0.3×0.125 , 0.3×0.04 , 0.3×0.057 , 0)))
Variabel	Persamaan
Dampak Kekeringan	IF THEN ELSE(Luas Lahan Terkena Kekeringan > 10000, RANDOM NORMAL(0.3×0.003 , 0.3×0.125 , 0.3×0.04 , 0.3×0.057 , 0) , 0.3×0.003)

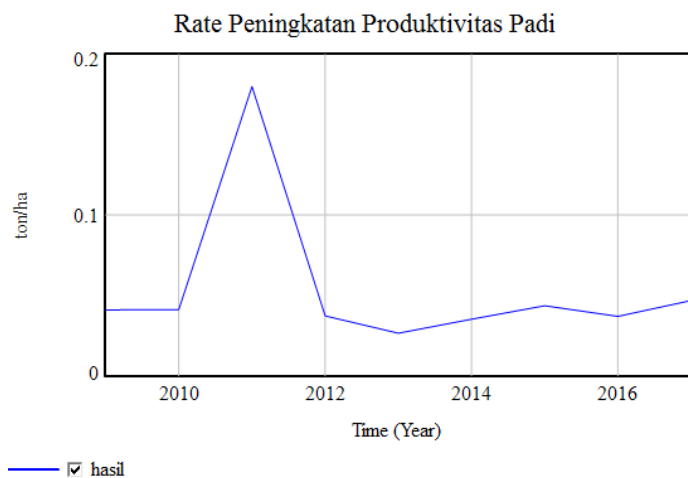
Pada Sub Model Produktivitas padi terdapat 1 variabel yang nantinya akan divalidasi apakah sudah sesuai nilainya dengan sistem yang sudah ada. Yaitu variabel produktivitas padi itu sendiri yang memegang peranan penting dalam sistem pertanian komoditas padi, berikut grafik nilai dari produktivitas padi yang dapat dilihat pada gambar 4.7.



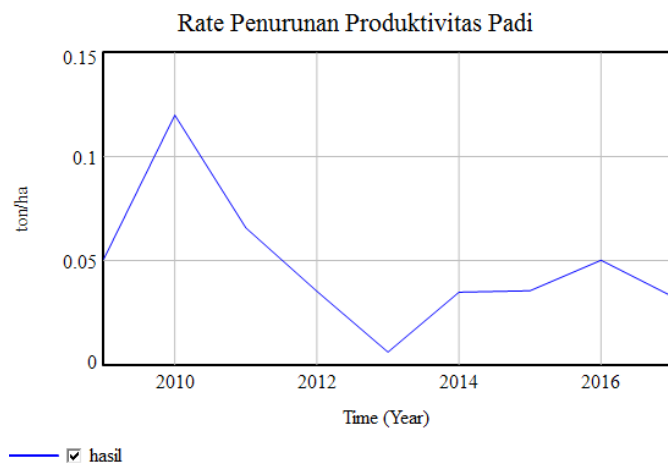
Gambar 4.7 Produktivitas Padi

Nilai rate peningkatan produktivitas dan juga nilai rate penurunan produktivitas padi cenderung sama untuk sebagian

besar tahun, namun pada tahun tertentu mengalami lonjakan yang cukup signifikan.

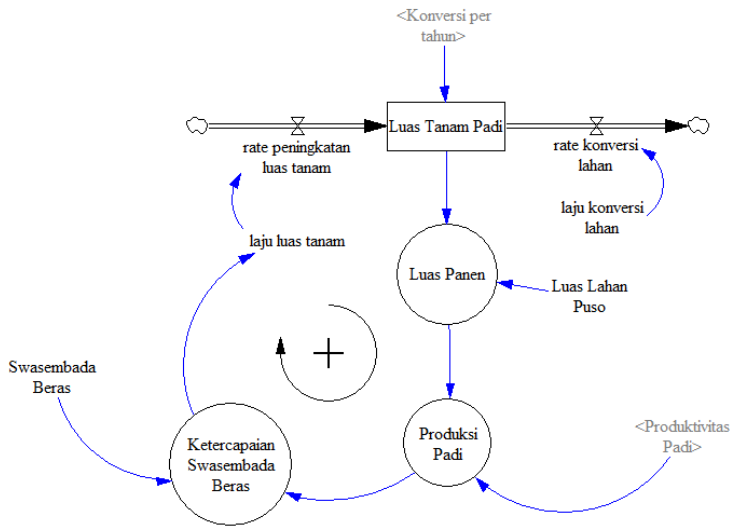


Gambar 4.8 Rate Peningkatan Produktivitas Padi



Gambar 4.9 Rate Penurunan Produktivitas Padi

4.4.3. Sub Model Produksi Padi



Gambar 4.10 Diagram Arus - Sub Model Produksi Padi

Produksi padi merupakan hasil akhir yang ingin dicari dalam sistem pertanian komoditas padi (Gambar 4.10). Seperti yang terlihat pada gambar, produksi padi didapatkan dari hasil sub model sebelumnya yaitu produktivitas padi dikalikan dengan luas panen padi. Hasil dari perkalian ini akan didapatkan nilai dari produksi padi.

Nilai dari produksi padi dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui apakah swasembada beras sudah tercapai atau belum. Mencapai keberhasilan swasembada beras merupakan salah satu tujuan utama Dinas Pertanian dan Ketahanan pangan Provinsi Jawa Timur. Untuk mencapai swasembada beras nilai dari produksi padi harus lebih besar dari nilai konsumsi beras.

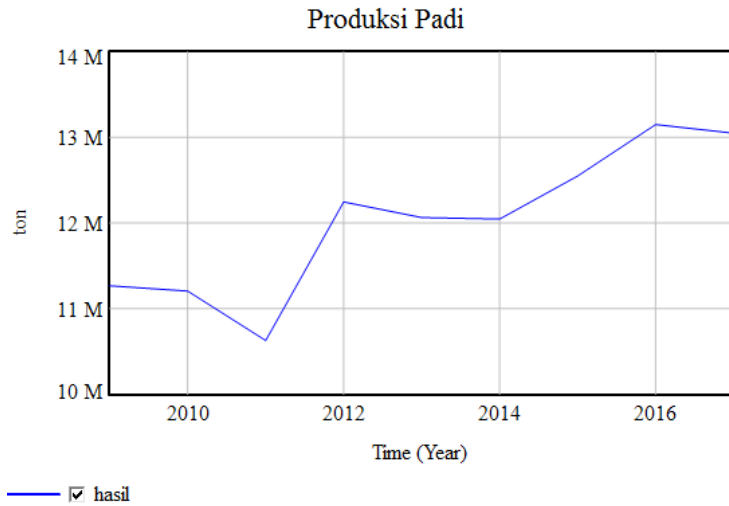
Untuk nilai luas panen didapat dari luas tanam padi dikurangi luas lahan puso. Luas tanam padi juga didapat dari rate peningkatan luas tanam dikurangi rate konversi lahan. Persamaan yang digunakan pada submodel ini dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 4.11 Formulasi - Sub model Produksi Padi

Variabel	Persamaan
Produksi Padi	Luas Panen*Produktivitas Padi
Luas Panen	Luas Tanam Padi-Luas Lahan Puso
Luas Lahan Puso	RANDOM NORMAL(3623, 13823 , 8784 , 3020 , 0)
Luas Tanam Padi	(rate peningkatan luas tanam-rate konversi lahan)*Luas Tanam Padi
rate peningkatan luas tanam	laju luas tanam
rate konversi lahan	laju konversi lahan
laju konversi lahan	0.0064
laju luas tanam	IF THEN ELSE(Ketercapaian Swasembada Beras<1, 0.056 , RANDOM NORMAL(-0.02 , 0.056 , 0.022 , 0.022 , 0))
Ketercapaian Swasembada Beras	Produksi Padi/Swasembada Beras
Swasembada Beras	8e+06

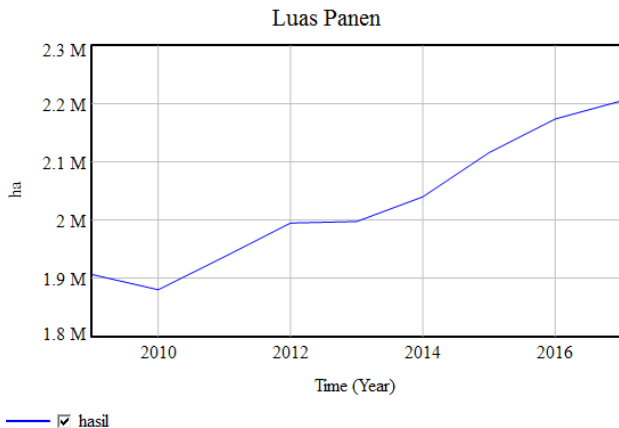
Terdapat 3 variabel yang nantinya akan divalidasi yaitu luas tanam padi, luas panen, dan produksi padi. Untuk hasil produksi

padi. Terlihat hasil produksi padi dari tahun ke tahun cenderung meningkat.



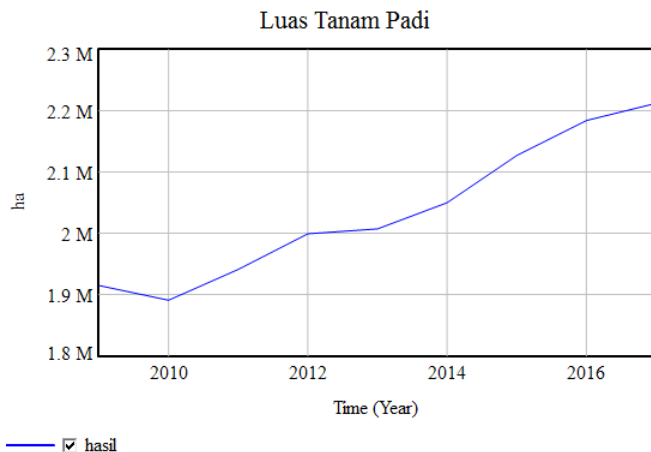
Gambar 4.11 Produksi Padi

Untuk nilai dari luas panen yang memengaruhi produksi seperti pada gambar 4.12. dapat dilihat bahwa peningkatan terus terjadi dari tahun ke tahun.



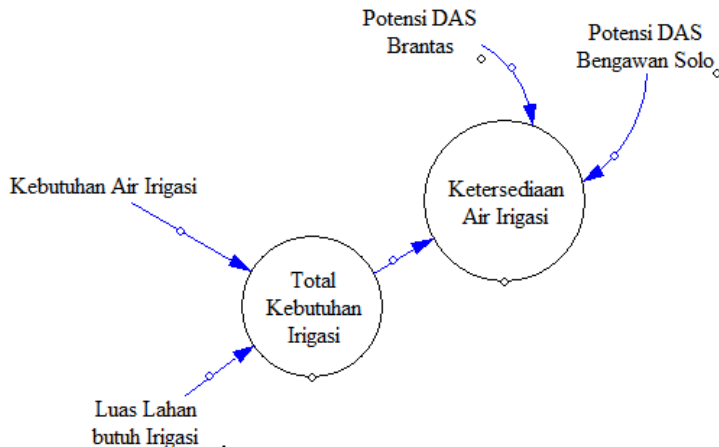
Gambar 4.12 Luas Panen

Untuk nilai dari variabel Luas Tanam Padi dipengaruhi oleh rate peningkatan luas tanam dan rate konversi lahan. Untuk grafik nilainya dapat dilihat pada gambar 4.13 dimana nilai dari luas tanam padi dari tahun ke tahun mengalami peningkatan.



Gambar 4.13 Luas Tanam Padi

4.4.4. Sub Model Ketersediaan Air Irigasi



Gambar 4.14 Diagram Arus – Sub Model Ketersediaan Irigasi

Salah satu variabel yang cukup penting dalam produktivitas sawah adalah ketersediaan irigasi (Gambar 4.14). Ketersediaan air irigasi dilihat dari rata-rata kebututuhan air ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{tahun}$) dikalikan dengan luas lahan yang butuh irigasi (ha). Kemudian nilai-nilai tersebut dibandingkan dengan sumber air yang ada, pada kasus Jawa Timur terdapat 2 daerah aliran sungai (DAS) utama yang digunakan untuk irigasi yaitu DAS Brantas dan DAS Bengawan Solo.

Pada sub model ini akan dibandingkan apakah nilai ketersediaan air memenuhi kebutuhan irigasi. Persamaan yang digunakan pada submodel ini dapat dilihat pada tabel dibawah.

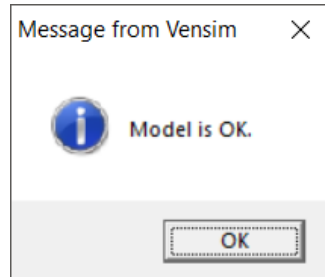
Tabel 4.12 Formulasi - Sub Model Ketersediaan Air Irigasi

Variabel	Persamaan
Ketersediaan Air Irigasi	$(\text{Potensi DAS Brantas} + \text{Potensi DAS Bengawan Solo}) / \text{Total Kebutuhan Irigasi}$
Total Kebutuhan Irigasi	$\text{Kebutuhan Air Irigasi} * \text{Luas Lahan butuh Irigasi}$
Kebutuhan Air Irigasi	12000
Luas Lahan butuh Irigasi	880000
Potensi DAS Brantas	$1.2e+10$
Potensi DAS Bengawan Solo	$1.861e+10$

Sub model ketersediaan air irigasi menunjukkan nilai kebutuhan air irigasi yang digunakan pada lahan sawah seperti juga dilihat perbandingannya dengan nilai sumber air yang ada apakah terpenuhi atau tidak, apabila nilai lebih dari 1 maka kebutuhan air irigasi terpenuhi.

4.5. Verifikasi Model

Verifikasi model dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa implementasi model konseptual pada program komputer dalam kasus ini adalah vensim tidak terdapat *bug* ataupun *error*. Pada tahap ini dilakukan pengecekan apakah model sudah dapat dijalankan untuk running simulasi. Model dinyatakan lolos verifikasi apabila sudah tidak terdapat *error* saat running dan pada saat dilakukan model check pada vensim dinyatakan OK seperti pada gambar dibawah.



Gambar 4.15 Model Check Vensim

Kemudian untuk jenis verifikasi lain adalah dengan melakukan pengecekan menampilkan grafik pada tiap variabel. Untuk beberapa hasil grafik untuk beberapa variabel yang ada di dalam model dapat dilihat pada sub bab sebelumnya.

4.6. Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan tujuan untuk memastikan apakah nilai luaran (output) dari model yang telah dibuat sudah sesuai dengan sistem nyata dan dapat diterima. Validasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai hasil rata-rata dan juga variansi data. Nilai E1 didapat dari hasil rata-rata dimana E1 harus lebih kecil dari 5%. Nilai E2 didapat dari hasil variansi data atau standar deviasi dimana nilai errornya harus lebih kecil dari 30% agar bisa dikatakan model itu valid. Pada validasi ini yang dilakukan validasi adalah nilai curah hujan, luas lahan terkena banjir, dan luas lahan terkena kekeringan pada sub model bencana banjir dan kekeringan. Pada sub model produktivitas padi dilakukan validasi pada variabel produktivitas. Untuk sub model produksi padi dilakukan validasi pada nilai luas lahan padi, luas tanam, dan produksi padi. Jadi terdapat 7 nilai variabel yang akan dilakukan validasi.

4.6.1. Validasi Nilai Curah Hujan

Nilai curah hujan didapat dari fenomena El Nino, La Nina, atau normal. E1 dari curah hujan sudah sesuai dengan standar, yaitu sama dengan ataupun dibawah 5% dari nilai data asli. Begitu juga untuk nilai E2 juga dibawah nilai 30%. Untuk data lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Data Asli dan Data Simulasi Curah Hujan

Tahun	Data Asli Curah Hujan (mm)	Hasil Simulasi Curah Hujan (mm)
2009	180.64	168.84
2010	241.25	210.00
2011	178.91	210.00
2012	167.72	172.41
2013	221.76	221.00
2014	165.02	179.24
2015	156.17	155.23
2016	214.73	214.00
2017	176.98	169.17
Rata-rata	189.24	188.88
Standar Deviasi	29.34	24.6

$$\begin{aligned}
 E1 &= \frac{|Rata - rata \text{ data simulasi} - Rata - rata \text{ data asli}|}{Rata - rata \text{ data asli}} \\
 &= \frac{|189.24 - 188.88|}{189.24} \\
 &= \frac{0.36}{189.24}
 \end{aligned}$$

$$= 0.0019 \times 100\%$$

$$= 0.19\%$$

Error rate $E1 \leq 5\%$, berarti model simulasi dikatakan valid

$$E2 = \frac{|Standar\ deviasi\ data\ simulasi - Standar\ deviasi\ data\ asli|}{Standar\ deviasi\ data\ asli}$$

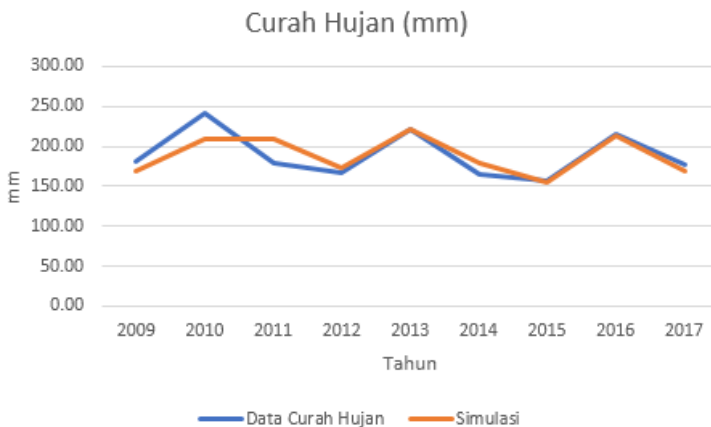
$$= \frac{|29.34 - 24.6|}{29.34}$$

$$= 0.161 \times 100\%$$

$$= 16.1\%$$

Error rate $E2 \leq 30\%$, berarti model simulasi dikatakan valid.

Gambar 4.16 menggambarkan perbandingan grafik antara data simulasi dengan data asli nilai curah hujan.



Gambar 4.16 Grafik Curah Hujan

4.6.2. Validasi Luas Lahan Terkena Banjir

Nilai E1 dari luas lahan terkena banjir sudah sesuai dengan standar, yaitu sama dengan ataupun dibawah 5% dari nilai data asli. Begitu juga untuk nilai E2 juga dibawah nilai 30%. Untuk data lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4.14 Data Asli dan Data Simulasi Luas Lahan Terkena Banjir

Tahun	Data Luas Lahan Terkena Banjir (ha)	Simulasi Luas Lahan Terkena Banjir (ha)
2009	27,227.00	23,829.00
2010	58,806.00	58,092.00
2011	24,029.00	24,092.00
2012	18,725.54	19,032.00
2013	54,961.77	54,961.00
2014	16,179.15	23,016.00
2015	11,173.81	11,173.00
2016	37,275.02	37,275.00
2017	19,236.73	15,848.40
Rata-rata	29,734.89	29,702.04
Standar Deviasi	17,091.35	16,811.90

$$\begin{aligned}
 E1 &= \frac{|Rata - rata \text{ data simulasi} - Rata - rata \text{ data asli}|}{Rata - rata \text{ data asli}} \\
 &= \frac{|29,734.89 - 29,702.04|}{29,734.89} \\
 &= 0.0011 \times 100\% \\
 &= 0.11\%
 \end{aligned}$$

Error rate $E1 \leq 5\%$, berarti model simulasi dikatakan valid

$$E2 = \frac{|Standar\ deviasi\ data\ simulasi - Standar\ deviasi\ data\ asli|}{Standar\ deviasi\ data\ asli}$$

$$= \frac{|17,091.35 - 16,811.90|}{17,091.35}$$

$$= 0.00164 \times 100\%$$

$$= 0.16\%$$

Error rate $E2 \leq 30\%$, berarti model simulasi dikatakan valid. Gambar 4.17 menggambarkan perbandingan grafik antara data simulasi dengan data asli luas lahan terkena banjir.



Gambar 4.17 Grafik Luas Lahan Terkena Banjir

4.6.3. Validasi Luas Lahan Terkena Kekeringan

Nilai E1 dari luas lahan terkena kekeringan sudah sesuai dengan standar, yaitu sama dengan ataupun dibawah 5% dari nilai data asli. Begitu juga untuk nilai E2 juga dibawah nilai 30%. Untuk data lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4.15 Data Asli dan Data Simulasi Luas Lahan Terkena Kekeringan

Tahun	Data Luas Lahan Terkena Kekeringan (ha)	Simulasi Luas Lahan Terkena Kekeringan (ha)
2009	7,223.00	8,934.26
2010	409.00	568.85
2011	9,078.00	6,142.86
2012	16,803.05	16,656.60
2013	8,727.47	9,350.00
2014	8,081.53	7,328.17
2015	28,973.20	29,380.50
2016	11,112.20	10,378.60
2017	1,003.34	1,408.77
Rata-rata	10,156.75	10,016.51
Standar Deviasi	8617.341	8706.214

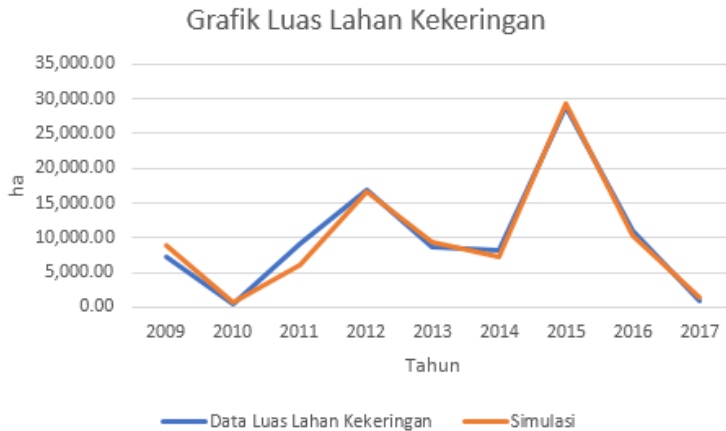
$$\begin{aligned}
 E1 &= \frac{|Rata - rata \text{ data simulasi} - Rata - rata \text{ data asli}|}{Rata - rata \text{ data asli}} \\
 &= \frac{|10,156.75 - 10,016.51|}{10,156.75} \\
 &= 0.01 \times 100\% \\
 &= 1\%
 \end{aligned}$$

Error rate $E1 \leq 5\%$, berarti model simulasi dikatakan valid

$$\begin{aligned}
 E2 &= \frac{|Standar\ deviasi\ data\ simulasi - Standar\ deviasi\ data\ asli|}{Standar\ deviasi\ data\ asli} \\
 &= \frac{|8617.341 - 8706.214|}{8617.341} \\
 &= 0.0087 \times 100\% \\
 &= 0.87\%
 \end{aligned}$$

Error rate $E2 \leq 30\%$, berarti model simulasi dikatakan valid

Gambar 4.18 menggambarkan perbandingan grafik antara data simulasi dengan data asli luas lahan terkena kekeringan.



Gambar 4.18 Grafik Luas Lahan Terkena Kekeringan

4.6.4. Validasi Sub Model Produktivitas Padi

Nilai $E1$ dari produktivitas padi sudah sesuai dengan standar, yaitu sama dengan ataupun dibawah 5% dari nilai data asli.

Begitu juga untuk nilai E2 juga dibawah nilai 30%. Untuk data lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4.16 Data Asli dan Data Simulasi Produktivitas

Tahun	Data Produktivitas Padi (ton/ha)	Simulasi Produktivitas Padi (ton/ha)
2009	5.911	5.911
2010	5.929	5.9605
2011	5.489	5.487
2012	6.174	6.138
2013	5.915	6.04
2014	5.981	5.905
2015	6.113	5.931
2016	5.984	6.049
2017	5.715	5.918
Rata-rata	5.912	5.926611
Standar Deviasi	0.205252	0.182938

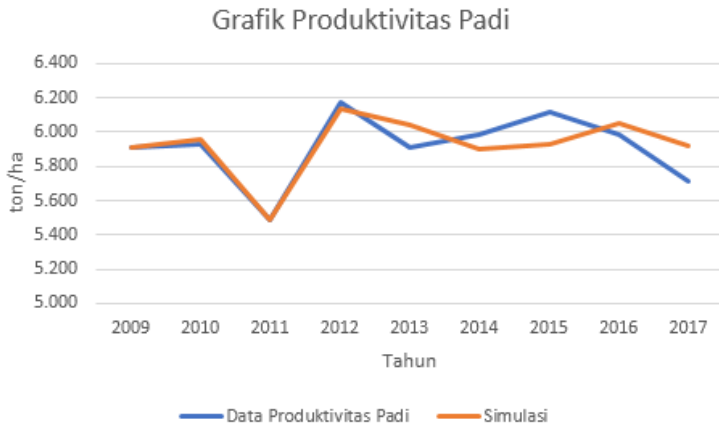
$$\begin{aligned}
 E1 &= \frac{|Rata - rata data simulasi - Rata - rata data asli|}{Rata - rata data asli} \\
 &= \frac{|5.912 - 5.9266|}{5.912} \\
 &= 0.0024 \times 100\% \\
 &= 0.24\%
 \end{aligned}$$

Error rate $E1 \leq 5\%$, berarti model simulasi dikatakan valid

$$E2 = \frac{|Standar deviasi data simulasi - Standar deviasi data asli|}{Standar deviasi data asli}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{|0.205 - 0.182|}{0.205} \\
 &= 0.108 \times 100\% \\
 &= 10.8\%
 \end{aligned}$$

Error rate $E2 \leq 30\%$, berarti model simulasi dikatakan valid. Gambar 4.19 menggambarkan perbandingan grafik antara data simulasi dengan data asli sub model produktivitas padi.



Gambar 4.19 Grafik Produktivitas Padi

4.6.5. Validasi Luas Tanam Padi

Nilai $E1$ dari luas tanam padi sudah sesuai dengan standar, yaitu sama dengan ataupun dibawah 5% dari nilai data asli. Begitu juga untuk nilai $E2$ juga dibawah nilai 30%. Untuk data lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4.17 Data Asli dan Data Simulasi Luas Tanam Padi

Tahun	Data Luas Tanam Padi (ha)	Simulasi Luas Tanam Padi (ha)
2009	1,914,926	1,914,930
2010	1,973,637	1,890,880
2011	1,934,000	1,941,130
2012	1,982,398	1,999,290
2013	2,053,657	2,007,350
2014	2,083,171	2,050,080
2015	2,167,203	2,127,170
2016	2,289,090	2,184,250
2017	2,285,661	2,212,310
Rata-rata	2,075,971	2,036,377
Standar Deviasi	142,996	116,436

$$\begin{aligned}
 E1 &= \frac{|Rata - rata \text{ data simulasi} - Rata - rata \text{ data asli}|}{Rata - rata \text{ data asli}} \\
 &= \frac{|2,075,971 - 2,036,377|}{2,075,971} \\
 &= 0.019 \times 100\% \\
 &= 1.9\%
 \end{aligned}$$

Error rate $E1 \leq 5\%$, berarti model simulasi dikatakan valid

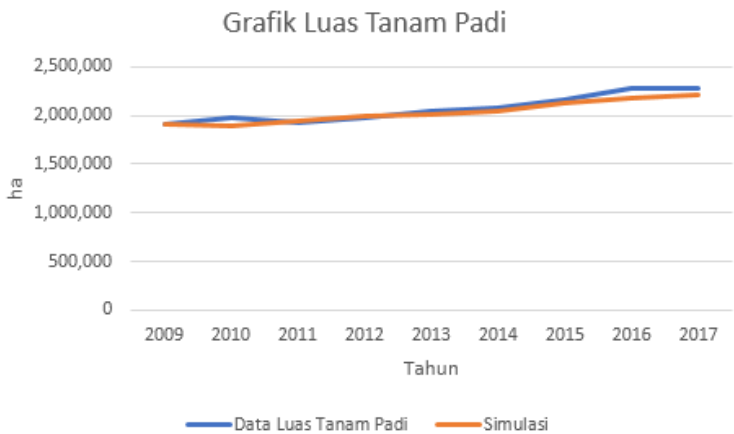
$$\begin{aligned}
 E2 &= \frac{|Standar \text{ deviasi data simulasi} - Standar \text{ deviasi data asli}|}{Standar \text{ deviasi data asli}} \\
 &= \frac{|142,996 - 116,436|}{142,996}
 \end{aligned}$$

= 0.185 × 100%

= 18.5%

Error rate $E2 \leq 30\%$, berarti model simulasi dikatakan valid.

Gambar 4.20 menggambarkan perbandingan grafik antara data simulasi dengan data asli luas tanam padi.



Gambar 4.20 Grafik Luas Tanam Padi

4.6.6. Validasi Luas Panen Padi

Nilai E1 dari luas panen padi sudah sesuai dengan standar, yaitu sama dengan ataupun dibawah 5% dari nilai data asli. Begitu juga untuk nilai E2 juga dibawah nilai 30%. Untuk data lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Data Asli dan Data Simulasi Luas Panen Padi

Tahun	Data Luas Panen Padi (ha)	Simulasi Luas Panen Padi (ha)
2009	1,904,830	1,906,360
2010	1,963,983	1,880,130

Tahun	Data Luas Panen Padi (ha)	Simulasi Luas Panen Padi (ha)
2011	1,926,796	1,936,800
2012	1,975,719	1,994,970
2013	2,037,021	1,997,460
2014	2,072,630	2,039,990
2015	2,152,070	2,115,960
2016	2,278,460	2,173,920
2017	2,285,232	2,205,030
Rata-rata	2,066,305	2,027,847
Standar Deviasi	143,790	115,929

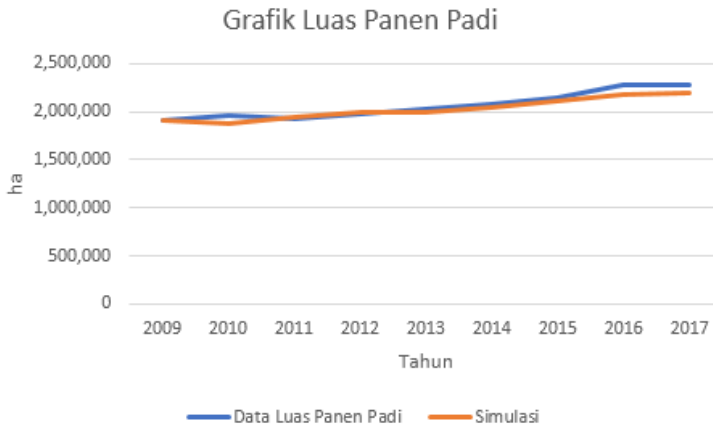
$$\begin{aligned}
 E1 &= \frac{|Rata - rata \text{ data simulasi} - Rata - rata \text{ data asli}|}{Rata - rata \text{ data asli}} \\
 &= \frac{|2,066,305 - 2,027,847|}{2,066,305} \\
 &= 0.0186 \times 100\% \\
 &= 1.86\%
 \end{aligned}$$

Error rate $E1 \leq 5\%$, berarti model simulasi dikatakan valid

$$\begin{aligned}
 E2 &= \frac{|Standar \text{ deviasi data simulasi} - Standar \text{ deviasi data asli}|}{Standar \text{ deviasi data asli}} \\
 &= \frac{|143,790 - 115,929|}{143,790} \\
 &= 0.193 \times 100\% \\
 &= 19.3\%
 \end{aligned}$$

Error rate $E2 \leq 30\%$, berarti model simulasi dikatakan valid

Gambar 4.21 menggambarkan perbandingan grafik antara data simulasi dengan data asli luas panen padi.



Gambar 4.21 Grafik Luas Panen Padi

4.6.7. Validasi Produksi Padi

Nilai $E1$ dari produksi padi sudah sesuai dengan standar, yaitu sama dengan ataupun dibawah 5% dari nilai data asli. Begitu juga untuk nilai $E2$ juga dibawah nilai 30%. Untuk data lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19 Data Asli dan Data Simulasi Produksi Padi

Tahun	Data Produksi Padi (ton)	Simulasi Produksi Padi (ton)
2009	11,259,085	11,268,500
2010	11,643,773	11,206,500
2011	10,576,543	10,629,000

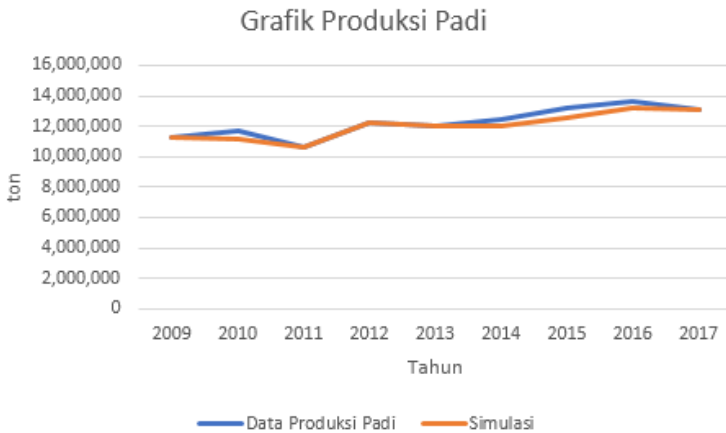
Tahun	Data Produksi Padi (ton)	Simulasi Produksi Padi (ton)
2012	12,198,707	12,247,100
2013	12,049,342	12,064,900
2014	12,397,049	12,047,400
2015	13,154,967	12,550,600
2016	13,633,701	13,151,800
2017	13,060,464	13,050,200
Rata-rata	12,219,292	12,024,000
Standar Deviasi	974,446	854,359

$$\begin{aligned}
 E1 &= \frac{|Rata - rata \text{ data simulasi} - Rata - rata \text{ data asli}|}{Rata - rata \text{ data asli}} \\
 &= \frac{|12,219,292 - 12,024,000|}{12,219,292} \\
 &= 0.0159 \times 100\% \\
 &= 1.59\%
 \end{aligned}$$

Error rate $E1 \leq 5\%$, berarti model simulasi dikatakan valid

$$\begin{aligned}
 E2 &= \frac{|Standar \text{ deviasi data simulasi} - Standar \text{ deviasi data asli}|}{Standar \text{ deviasi data asli}} \\
 &= \frac{|974,446 - 854,359|}{974,446} \\
 &= 0.123 \times 100\% \\
 &= 12.3\%
 \end{aligned}$$

Error rate $E2 \leq 30\%$, berarti model simulasi dikatakan valid



Gambar 4.22 Grafik Produksi Padi

Gambar 4.22 menggambarkan perbandingan grafik antara data simulasi dengan data asli jumlah produksi padi. Hasil dari simulasi sudah mirip dengan data aslinya.

BAB V

PENGEMBANGAN SKENARIO DAN ANALISIS HASIL

Bab ini menjelaskan proses pembuatan skenario model yang akan digunakan untuk memperbaiki kondisi sistem agar mencapai tujuan yang diinginkan. Hasil yang didapatkan dari melakukan skenario kemudian akan dinalisis.

5.1. Pengembangan Skenario

Setelah run model dari basemodel yang telah dibuat sebelumnya telah dinyatakan valid, langkah selanjutnya adalah melakukan tahap percobaan melalui skenario yang akan diterapkan pada model. Dalam pengembangan skenario waktu diperpanjang sampai dengan tahun 2030 yang mulanya pada basemodel hanya sampai tahun 2017. Pada simulasi sistem terdapat 2 jenis skenario yaitu skenario struktur dan skenario parameter. Skenario struktur dilakukan dengan merubah struktur model pada variabel-variabel yang berpengaruh terhadap tujuan simulasi. Kemudian untuk stuktur parameter dilakukan dengan merubah parameter pada variabel yang sudah ada untuk mengetahui kemungkinan dimasa yang akan datang.

5.2. Skenario 1: Penurunan Luas Lahan Terkena Banjir

Skenario yang pertama adalah mengurangi luas lahan terkena banjir. Pengembangan skenario untuk mengurangi luas lahan terkena banjir didapat dari strategi adaptasi dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur. Untuk mengurangi luas lahan yang terkena banjir Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur melakukan Normalisasi DAS (daerah aliran sungai).

Aliran sungai yang terjadi sedimentasi saat curah hujan tinggi, air akan meluap dari sungai dan akan menggenangi areal lahan persawahan sehingga terjadi banjir. Untuk menghindari

meluapnya air sungai dari sungai maka perlu dilakukan normalisasi sehingga tidak terjadi sedimentasi dan kapasitas tampung dari sungai itu sendiri akan semakin membesar. Saat kapasitas menampung air semakin besar maka saat hujan air mampu tertampung di sungai dan tidak sampai meluap ke areal persawahan.

Dengan tidak adanya luapan air dari sungai saat curah hujan tinggi maka terjadi pengurangan luas area yang terkena banjir. Area lahan yang terendam banjir juga bisa membuang air yang merendam persawahan untuk dibuang ke sungai karena adanya peningkatan kapasitas sungai yang mampu menampung aliran air.

Berikut merupakan struktur skenario 1 untuk mengurangi luas lahan yang terkena banjir dengan menambahkan struktur baru yaitu Normalisasi DAS.

Dengan adanya penambahan variabel baru yaitu Normalisasi DAS yang berpengaruh pada penurunan luas lahan terkena banjir maka nilai luas lahan yang terkena banjir juga akan menurun. Pada 5.1 dibawah ini merupakan persamaan yang digunakan dalam skenario penurunan luas lahan terkena banjir:

Tabel 5.1 Formulasi Skenario 1

Variabel	Persamaan
Southern Oscillation Index	IF THEN ELSE(Time=2009, -0.2, IF THEN ELSE(Time=2010, 9.8, IF THEN ELSE(Time=2011, 13.4, IF THEN ELSE(Time=2012, -0.7, IF THEN ELSE(Time=2013, 3.98, IF THEN ELSE(Time=2014, -3.03, IF THEN ELSE(Time=2015, -11.23, IF THEN ELSE(Time=2016, -3.08, IF THEN ELSE(Time=2017 , 2.88 , RANDOM NORMAL(-13.08, 13.3, -1.14, 5.92, 0)))))))))))
Index La Nina	IF THEN ELSE(Southern Oscillation Index>5, 1, 0)
Index Normal	IF THEN ELSE(Southern Oscillation Index>=-5:AND:Southern Oscillation Index<=5, 1, 0)
Index El Nino	IF THEN ELSE(Southern Oscillation Index<-5, 1, 0)
Curah Hujan	IF THEN ELSE(Time=2013, 221 , IF THEN ELSE(Time=2016, 214 , IF THEN ELSE(Index Normal=1, RANDOM NORMAL(165, 180 ,

	172 , 7.4 , 0) , IF THEN ELSE(Index La Nina=1, RANDOM NORMAL(179, 241 , 210 , 0 , 0) , IF THEN ELSE(Index El Nino=1, RANDOM NORMAL(150 , 165 , 156 , 7.1, 0) , 0))))
Variabel	Persamaan
Dampak Curah Hujan Terhadap Banjir	WITH LOOKUP (Curah Hujan) ([(0,-0.3)- (250,60000)],(150,11173),(156,111 73),(165,16179),(167,18725),(176,1 9236),(178,24029),(180,27227),(21 4,37275),(221,54961),(241,58806),(250,58806))
Luas Lahan Terkena Banjir	Dampak Curah Hujan Terhadap Banjir+Peningkatan Lahan Banjir- Penurunan Lahan Banjir
Peningkatan Lahan Banjir	IF THEN ELSE(Index La Nina=1, 22000 , IF THEN ELSE(Kerusakan Irigasi=1, 5000 , 0))
Kerusakan Irigasi	IF THEN ELSE(Time=2009, 1 , 0)
Penurunan Lahan Banjir	IF THEN ELSE(Drainase=1, 34000 , IF THEN ELSE(Drainase=2, 3000 , 0))
Normalisasi DAS	IF THEN ELSE(Time>2017, 1 , 0)
Dampak Normalisasi DAS	IF THEN ELSE(Normalisasi DAS=1, RANDOM UNIFORM(10000, 20000 , 0) , 0)
Drainase	IF THEN ELSE(Time=2011, 1 , IF THEN ELSE(Time=2014:OR:Time=2017, 2 , 0))

Variabel	Persamaan
Dampak Banjir	IF THEN ELSE(Luas Lahan Terkena Banjir>15000, RANDOM NORMAL(0.25*0.003, 0.25*0.125, 0.25*0.04, 0.25*0.057, 0) , 0.25*0.003)
Dampak Curah Hujan Terhadap Kekeringan	=WITH LOOKUP (Curah Hujan) ([[(0,-0.5)-(250,20000)],(150,18000),(156,15000),(165,10000),(168,9000),(177,8300),(180,7000),(215,6000),(221,5000),(241,409),(250,409))
Luas Lahan Terkena Kekeringan	Dampak Curah Hujan Terhadap Kekeringan+Peningkatan Lahan Kekeringan-Penurunan Lahan Kekeringan
Peningkatan Lahan Kekeringan	IF THEN ELSE(Index El Nino=1, 14000, IF THEN ELSE(Kemarau Panjang=1, 8000 , IF THEN ELSE(Kemarau Panjang=2, RANDOM NORMAL(3700, 5000 , 4350 , 0 , 0) , 0)))
Kemarau Panjang	IF THEN ELSE(Time=2012, 1 , IF THEN ELSE(Time=2013:OR:Time=2016, 2 , 0))
Penurunan Lahan Kekeringan	IF THEN ELSE(Kecukupan Irigasi=1, 5574 , IF THEN ELSE(Kecukupan Irigasi=2 , 7500 , 0))
Kecukupan Irigasi	IF THEN ELSE(Time=2010, 1 , IF THEN ELSE(Time=2017, 2 , 0))

Variabel	Persamaan
Dampak Kekeringan	IF THEN ELSE(Luas Lahan Terkena Kekeringan>10000, RANDOM NORMAL(0.1*0.003, 0.1*0.125, 0.1*0.04, 0.1*0.057, 0) , 0.1*0.003)

Dampak dari variabel baru Normalisasi DAS adalah adanya penurunan luas lahan yang terkena banjir seperti yang dapat dilihat pada gambar 5.2. Terdapat tahun dimana luas lahan terkena banjir dari skenario ini lebih tinggi daripada basemodel dikarenakan pada tahun tersebut curah hujan pada skenario lebih tinggi daripada basemodel.



Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Luas Lahan Terkena Banjir

5.3. Skenario 2: Penurunan Luas Lahan Terkena Kekeringan

Skenario yang kedua adalah penurunan luas lahan terkena banjir. Bencana kedua yang sering melanda sistem pertanian komoditas padi adalah kekeringan. Dalam skenario ini hanya difokuskan untuk mengurangi luas lahan yang terkena kekeringan.

Strategi adaptasi dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Provinsi Jawa Timur dalam menghadapi kekeringan adalah pembuatan dan normalisasi waduk. Waduk berperan penting dalam penyimpanan cadangan air untuk melakukan irigasi. Salah satu program pemerintah saat ini juga adalah membangun waduk.

Dengan adanya waduk, lahan padi bisa mendapatkan pasokan air yang dibutuhkan saat tidak ada curah hujan yang cukup untuk mengairi lahan. Normalisasi waduk berguna untuk meningkatkan kapasitas tampung dari waduk. Dengan adanya peningkatan kapasitas waduk maka petani tidak perlu khawatir akan kehabisan air dalam waduk yang digunakan untuk irigasi lahan pertanian.

Berikut merupakan gambar diagram arus yang sudah ditambahkan variabel baru yaitu Pembangunan dan Normalisasi Waduk.

Untuk dapat mengurangi luas lahan yang terkena kekeringan dibutuhkan variabel yang berpengaruh langsung terhadap penurunan luas lahan kekeringan. Dalam skenario ini ditambahkan skenario struktur baru yang berpengaruh terhadap penurunan lahan kekeringan yaitu variabel Pembangunan dan Normalisasi Waduk.

Pada tabel dibawah ini merupakan persamaan yang digunakan dalam skenario penurunan luas lahan terkena kekeringan:

Tabel 5.2 Formulasi Skenario2 Penurunan Luas lahan Kekeringan

Variabel	Persamaan
Southern Oscillation Index	IF THEN ELSE(Time=2009, -0.2, IF THEN ELSE(Time=2010, 9.8, IF THEN ELSE(Time=2011, 13.4, IF THEN ELSE(Time=2012, -0.7, IF THEN ELSE(Time=2013, 3.98, IF THEN ELSE(Time=2014, -3.03, IF THEN ELSE(Time=2015, -11.23, IF THEN ELSE(Time=2016, -3.08, IF THEN ELSE(Time=2017 , 2.88 , RANDOM NORMAL(-13.08, 13.3, -1.14, 5.92, 0)))))))))))
Index La Nina	IF THEN ELSE(Southern Oscillation Index>5, 1, 0)
Index Normal	IF THEN ELSE(Southern Oscillation Index>=-5:AND:Southern Oscillation Index<=5, 1, 0)
Index El Nino	IF THEN ELSE(Southern Oscillation Index<-5, 1, 0)

Variabel	Persamaan
Curah Hujan	IF THEN ELSE(Time=2013, 221 , IF THEN ELSE(Time=2016, 214 , IF THEN ELSE(Index Normal=1, RANDOM NORMAL(165, 180 , 172 , 7.4 , 0) , IF THEN ELSE(Index La Nina=1, RANDOM NORMAL(179, 241 , 210 , 0 , 0) , IF THEN ELSE(Index El Nino=1, RANDOM NORMAL(150 , 165 , 156 , 7.1, 0) , 0))))
Dampak Curah Hujan Terhadap Banjir	WITH LOOKUP (Curah Hujan) ([(0,-0.3)- (250,60000)],(150,11173),(156,111 73),(165,16179),(167,18725),(176,1 9236),(178,24029),(180,27227),(21 4,37275),(221,54961),(241,58806),(250,58806))
Luas Lahan Terkena Banjir	Dampak Curah Hujan Terhadap Banjir+Peningkatan Lahan Banjir-Penurunan Lahan Banjir
Peningkatan Lahan Banjir	IF THEN ELSE(Index La Nina=1, 22000 , IF THEN ELSE(Kerusakan Irigasi=1, 5000 , 0))
Kerusakan Irigasi	IF THEN ELSE(Time=2009, 1 , 0)
Penurunan Lahan Banjir	IF THEN ELSE(Drainase=1, 34000 , IF THEN ELSE(Drainase=2, 3000 , 0))
Drainase	IF THEN ELSE(Time=2011, 1 , IF THEN ELSE(Time=2014:OR:Time=2017, 2 , 0))

Variabel	Persamaan
Dampak Banjir	IF THEN ELSE(Luas Lahan Terkena Banjir>15000, RANDOM NORMAL(0.25*0.003, 0.25*0.125, 0.25*0.04, 0.25*0.057, 0) , 0.25*0.003)
Dampak Curah Hujan Terhadap Kekeringan	=WITH LOOKUP (Curah Hujan) ([(0,-0.5)-(250,20000)],(150,18000),(156,15000),(165,10000),(168,9000),(177,8300),(180,7000),(215,6000),(221,5000),(241,409),(250,409))
Luas Lahan Terkena Kekeringan	Dampak Curah Hujan Terhadap Kekeringan+Peningkatan Lahan Kekeringan-Penurunan Lahan Kekeringan
Peningkatan Lahan Kekeringan	IF THEN ELSE(Index El Nino=1, 14000, IF THEN ELSE(Kemarau Panjang=1, 8000 , IF THEN ELSE(Kemarau Panjang=2, RANDOM NORMAL(3700, 5000 , 4350 , 0 , 0) , 0)))
Kemarau Panjang	IF THEN ELSE(Time=2012, 1 , IF THEN ELSE(Time=2013:OR:Time=2016, 2 , 0))
Penurunan Lahan Kekeringan	IF THEN ELSE(Kecukupan Irigasi=1, 5574 , IF THEN ELSE(Kecukupan Irigasi=2 , 7500 , Pembuatan dan Normalisasi Waduk))

Variabel	Persamaan
Pembuatan dan Normalisasi Waduk	IF THEN ELSE(Time>2017, 1 , 0)
Dampak Pembuatan dan Normalisasi Waduk	IF THEN ELSE(Pembuatan dan Normalisasi Waduk=1, RANDOM UNIFORM(4000, 7000 , 0) , 0)
Kecukupan Irigasi	IF THEN ELSE(Time=2010, 1 , IF THEN ELSE(Time=2017, 2 , 0))
Dampak Kekeringan	IF THEN ELSE(Luas Lahan Terkena Kekeringan>10000, RANDOM NORMAL(0.1*0.003, 0.1*0.125, 0.1*0.04, 0.1*0.057, 0) , 0.1*0.003)

Untuk perbandingan hasil dari skenario penurunan luas lahan kekeringan ini dapat dilihat pada gambar. dimana rata-rata mengalami penurunan. Hanya terdapat 4 tahun yang nilainya diatas dari basemodel.

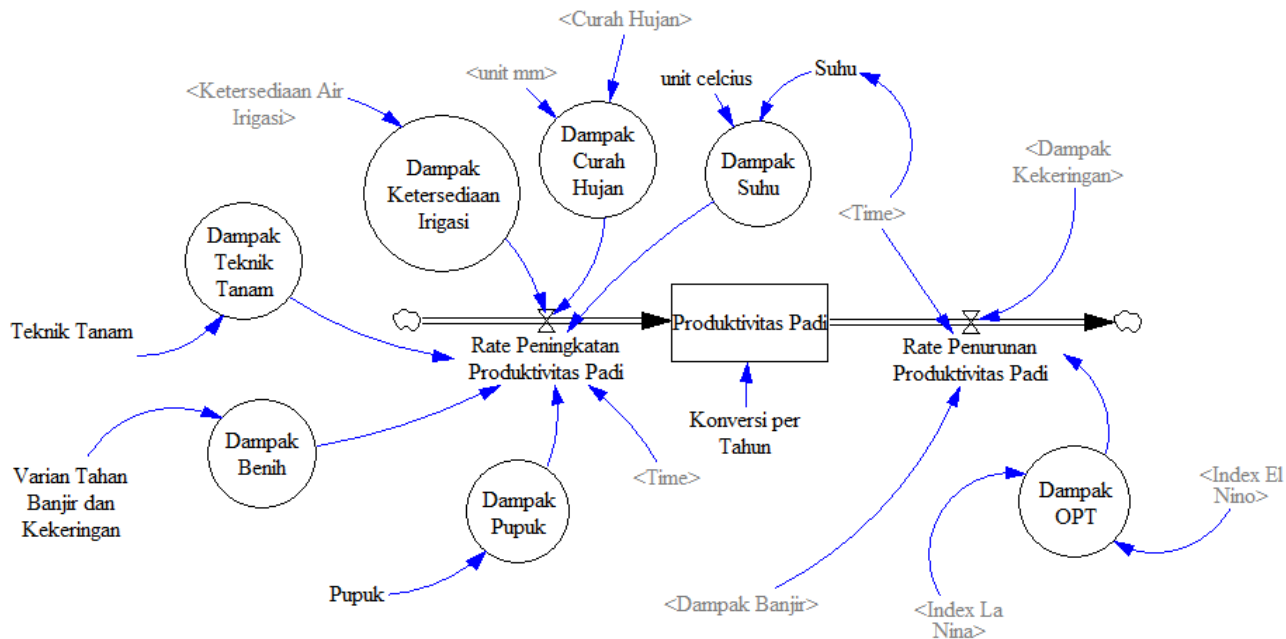


Gambar 5.4 Grafik Perbandingan Skenario 2

5.4. Skenario 3: Peningkatan Produktivitas

Pengembangan skenario ketiga pada tugas akhir ini dilakukan dengan cara mengubah variabel benih yang digunakan dalam masukan pada produktivitas. Variabel produktivitas berpengaruh langsung terhadap jumlah peningkatan produksi padi. Jenis benih yang digunakan dalam skenario ini adalah varian benih yang tahan terhadap banjir dan kekeringan. Dalam menghadapi bencana banjir dan kekeringan, terdapat varian benih yang tahan terhadap banjir dan kekeringan sehingga mampu meningkatkan produktivitas rata-rata dalam produksi padi.

Strategi adaptasi dari Dinas Pertanian dengan penggunaan benih yang tahan terhadap banjir dan kekeringan ini digunakan untuk mencapai tingkat produktivitas yang tinggi meskipun terjadi banjir maupun kekeringan. Skenario ini dilakukan dengan merubah nilai parameter dampak benih terhadap produktivitas dimana dampak padi tetap 15% akan tetapi nilai dari rate yang diambil adalah nilai max 0.125. berikut merupakan gambar dari skenario 3 peningkatan produktivitas padi.



Gambar 5.5 Skenario 3 Peningkatan Produktivitas Padi

Untuk formulasi yang diubah adalah variabel jenis benih dan juga dampak benih. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.3 yang menunjukkan persamaan yang telah diubah.

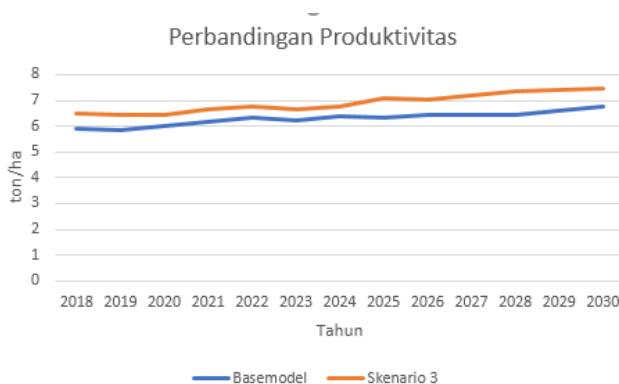
Tabel 5.3 Formulasi Skenario 3 Produktivitas Padi

Variabel	Persamaan
Produktivitas Padi	(Rate Peningkatan Produktivitas Padi-Rate Penurunan Produktivitas Padi)*Produktivitas Padi
Rate Peningkatan Produktivitas Padi	IF THEN ELSE(Time=2011, 0.18 , Dampak Benih+Dampak Curah Hujan+Dampak Ketersediaan Irigasi+Dampak Pupuk+Dampak Suhu+Dampak Teknik Tanam)
Rate penurunan produktivitas ladang	IF THEN ELSE(Time=2010, 0.12 , Dampak Banjir+Dampak Kekeringan+Dampak OPT)
Dampak Benih	IF THEN ELSE(Varian Tahan Banjir dan Kekeringan=1, 0.15*0.125,RANDOM NORMAL(0.15*0.003, 0.15*0.125, 0.15*0.04, 0.15*0.057, 0))
Varian Tahan Banjir dan Kekeringan	1
Dampak Teknik Tanam	IF THEN ELSE(Teknik Tanam=1, RANDOM NORMAL(0.18*0.003, 0.18*0.125, 0.18*0.04, 0.18*0.057, 0), 0.18*0.003)
Teknik Tanam	1
Dampak Pupuk	IF THEN ELSE(Pupuk=1, RANDOM NORMAL(0.25*0.003,

	0.25*0.125, 0.25*0.04, 0.25*0.057, 0) , 0.25*0.003)
Variabel	Persamaan
Pupuk	1
Dampak Ketersediaan Irigasi	IF THEN ELSE(Ketersediaan Air Irigasi>=1, RANDOM NORMAL(0.15*0.003, 0.15*0.125, 0.15*0.04, 0.15*0.057, 0), 0.15*0.003)
Dampak Curah Hujan	=WITH LOOKUP(Curah Hujan) ([(150,-1)-(3500,10)],(150,-0.0109538),(160,0.00027),(170,0.00027),(180,0.001485),(190,0.00405),(200,0.001485),(210,0.00027),(220,0.00027),(230,0.00027),(260,-0.01095))
Dampak Suhu	=WITH LOOKUP (Suhu) ([(0,-2)-(32,10)],(22,-0.0109538),(25,0.00027),(26,0.001485),(27,0.00405),(28,0.001485),(29,0.00027),(30,-0.0109538),(31,-0.58),(32,-1.16))
Suhu	IF THEN ELSE(Time<=2010, RANDOM NORMAL(16.6, 36.7, 27.649, 0.29, 0), IF THEN ELSE(Time<=2020, RANDOM NORMAL(16.6, 36.7, 27.8, 0.29, 0), IF THEN ELSE(Time<=2030, RANDOM NORMAL(16.6, 36.7, 27.95, 0.29, 0), RANDOM NORMAL(16.6, 36.7, 28.1, 0.29, 0))))

Variabel	Persamaan
Dampak OPT	IF THEN ELSE(Index El Nino=1, 0.3*0.003, IF THEN ELSE(Index La Nina=1, 0.3*0.125, RANDOM NORMAL(0.3*0.003, 0.3*0.125, 0.3*0.04, 0.3*0.057, 0)))
Dampak Banjir	IF THEN ELSE(Luas Lahan Terkena Banjir>15000, RANDOM NORMAL(0.4*0.003, 0.4*0.125, 0.4*0.04, 0.4*0.057, 0) , 0.4*0.003)
Dampak Kekeringan	IF THEN ELSE(Luas Lahan Terkena Kekeringan>10000, RANDOM NORMAL(0.3*0.003, 0.3*0.125, 0.3*0.04, 0.3*0.057, 0) , 0.3*0.003)

Dapat dilihat peningkatan pada produktivitas seperti ditunjukkan pada gambar 5.6. Tiap tahun mengalami peningkatan dibanding tahun sebelumnya.



Gambar 5.6 Grafik Produktivitas Padi

5.5. Analisis Hasil Skenario

Pada sub bagian ini akan dijelaskan terkait perbandingan hasil dari beberapa model skenario yang telah dibuat sebelumnya. Tujuan dilakukannya analisis ini adalah untuk mendapatkan hasil yang paling optimal dari beberapa skenario yang telah dicoba diterapkan.

5.5.1. Analisis Skenario Penurunan Luas Lahan Terkena Banjir

Pada Skenario pertama yaitu mengurangi luas lahan terkena banjir berfokus pada pengurangan variabel luas lahan yang terkena banjir. Hasil dari skenario ini diharapkan mampu mengurangi nilai pada luas lahan yang terkena banjir. Berikut merupakan tabel perbandingan luas lahan yang terkena banjir sebelum dan sesudah menggunakan skenario.

Tabel 5.4 Perbandingan luas lahan banjir basemodel dan skenario 1

Tahun	Basemodel (ha)	Skenario 1 (ha)
2018	58,092.90	38,158.20
2019	19,065.10	2,981.35
2020	19,070.00	595.15
2021	18,984.90	0
2022	58,092.90	40,579.50
2023	19,055.10	2,775.91
2024	17,566.50	0
2025	17,951.10	7,513.70
2026	12,932.50	1,129.10
2027	18,769.90	6,714.75
2028	19,011.10	42,705.70
2029	19,047.90	7,857.94
2030	22,175.50	42,184.80
Average	24,601.18	14,861.24

Hasil rata-rata dari skenario mengurangi luas lahan yang terkena banjir sudah lebih kecil dari basemodel yang berarti skenario ini sudah dapat mengurangi luas lahan yang terkena banjir.

5.5.2. Analisis Skenario Penurunan Luas Lahan Terkena Kekeringan

Pada Skenario kedua yaitu mengurangi luas lahan terkena kekeringan berfokus pada pengurangan variabel luas lahan yang terkena kekeringan. Hasil dari skenario ini diharapkan mampu mengurangi nilai pada luas lahan yang terkena kekeringan. Berikut merupakan tabel perbandingan luas lahan yang terkena kekeringan sebelum menggunakan skenario dan sesudah menggunakan skenario.

Tabel 5.5 Perbandingan luas lahan kekeringan basemodel dan skenario
2

Tahun	Basemodel (ha)	Skenario 2 (ha)
2018	6,142.86	271.13
2019	8,611.86	4,256.85
2020	8,605.21	18,491.60
2021	8,721.69	0
2022	6,142.86	4,200.49
2023	8,625.62	20,719.60
2024	9,636.69	0
2025	9,535.98	1,239.84
2026	27,242.60	1,455.86
2027	9,069.72	4,023.22
2028	8,685.87	20,897.30
2029	8,635.47	21,947.70
2030	8,201.82	3,963.83
Average	9,835.25	7,805.19

Dari hasil rata-rata skenario mengurangi luas lahan yang terkena banjir sudah lebih kecil dari basemodel yang berarti skenario ini sudah dapat mengurangi luas lahan yang terkena banjir. Terjadi beberapa nilai dari skenario kedua yang diatas 20.000 karena pada skenario terjadi fenomena el nino.

5.5.3. Analisis Skenario Peningkatan Produktivitas

Pada Skenario ketiga yaitu peningkatan produktivitas berfokus pada variabel yang memengaruhi produktivitas sehingga terjadi peningkatan produktivitas. Hasil dari skenario ini diharapkan mampu meningkatkan produktivitas padi. Berikut merupakan tabel perbandingan produktivitas padi sebelum menggunakan skenario dan sesudah menggunakan skenario.

Tabel 5.6 Tabel perbandingan produktivitas padi basemodel dan skenario 3

Tahun	Basemodel (ton/ha)	Skenario 3 (ton/ha)
2018	5.88	6.49
2019	5.85	6.43
2020	6.00	6.46
2021	6.16	6.66
2022	6.31	6.76
2023	6.22	6.65
2024	6.40	6.74
2025	6.35	7.07
2026	6.45	7.01
2027	6.42	7.18
2028	6.46	7.34
2029	6.60	7.43
2030	6.76	7.45
Average	5.88	6.90

Dari hasil rata-rata skenario peningkatan produktivitas padi sudah lebih besar dari basemodel yang berarti skenario ini sudah berhasil meningkatkan nilai produktivitas padi. Dengan peningkatan produktivitas padi maka diharapkan nilai dari produksi padi juga meningkat.

5.5.4. Analisis Produksi Padi

Produksi padi merupakan hasil dari perkalian luas panen padi dikalikan dengan produktivitas. Dari ketiga skenario yang sudah dilakukan maka sudah jelas kalau skenario ketiga akan lebih berdampak karena skenario ketiga terlibat langsung dengan produktivitas padi. Berikut merupakan tabel perbandingan produksi padi dari ketiga skenario.

Tabel 5.7 Perbandingan Hasil Skenario Produksi Padi

Tahun	Skenario 1 (ton)	Skenario 2 (ton)	Skenario 3 (ton)
2018	13,090,900	13,103,200	14,293,100
2019	13,412,600	12,909,200	14,363,300
2020	13,867,000	13,055,200	14,925,100
2021	13,907,700	13,391,000	15,570,200
2022	14,589,500	14,377,300	16,226,700
2023	14,874,300	14,464,300	16,701,800
2024	15,639,500	14,887,200	17,646,900
2025	16,735,800	15,349,500	18,761,400
2026	16,740,700	15,925,200	18,995,700
2027	17,497,400	16,117,600	19,931,600
2028	18,352,500	16,427,400	21,236,700
2029	18,792,500	17,042,400	22,212,000
2030	19,694,600	17,556,200	21,998,300
Average	15,938,077	14,969,669	17,912,523

Pada tabel 5.8 dibawah disajikan nilai rata-rata produksi padi per skenario yang ada.

Tabel 5.8 Rata-rata Hasil Skenario Total Produksi Padi

No.	Skenario	Rata-rata (ton)
1	Penurunan lahan terkena banjir	15,938,077
2	Penurunan lahan terkena kekeringan	14,969,669
3	Peningkatan produktivitas dengan benih varian tahan banjir dan kekeringan	17,912,523

Nilai rata-rata pada skenario ketiga lebih besar dari nilai pada skenario pertama dan kedua dikarenakan variabel pada skenario ketiga yaitu produktivitas berpengaruh langsung terhadap hasil dari produksi padi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diambil dari keseluruhan tugas akhir ini serta juga terdapat saran untuk pengembangan penelitian ataupun tugas akhir kedepannya.

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, berikut ini merupakan beberapa kesimpulan yang dapat diambil:

1. Bencana banjir dan kekeringan dalam sistem pertanian komoditas padi akan berpengaruh langsung terhadap penurunan nilai pada produktivitas padi. Dengan menurunnya produktivitas padi yang disebabkan oleh bencana banjir dan kekeringan maka akan memengaruhi hasil dari produksi padi.
2. Strategi adaptasi yang digunakan untuk mengatasi dan mencegah bencana dalam sistem pertanian komoditas padi disimulasikan dengan menggunakan tiga skenario strategi. Strategi pertama mengurangi luas lahan terkena banjir dengan normalisasi DAS. Strategi kedua mengurangi luas lahan terkena kekeringan dengan membangun dan normalisasi waduk. Dan strategi ketiga adalah meningkatkan produktivitas padi dengan menggunakan benih yang tahan terhadap banjir dan kekeringan.
3. Produksi padi ditentukan oleh dua faktor utama yaitu nilai produktivitas padi dan nilai luas panen padi.
4. Model yang dibuat pada tugas akhir ini telah valid dan sesuai dengan sistem nyata. Dimana pada uji validitas dengan Means Comparison (E1) mendapatkan nilai $< 5\%$ dan uji validitas Amplitudo Variance Comparison (E2)

mendapatkan nilai $<30\%$ untuk semua nilai yang dilakukan validasi. Sehingga dapat dikatakan model pada tugas akhir ini dapat dijadikan referensi untuk menentukan kebijakan dalam penggunaan strategi adaptasi untuk mengatasi dan mencegah bencana dalam sistem pertanian komoditas padi.

5. Skenario yang paling besar dampaknya pada produksi padi adalah skenario ketiga yaitu peningkatan produktivitas padi dengan cara mengubah benih menjadi benih tahan banjir dan kekeringan.

6.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan hasil penelitian, saran yang digunakan untuk perbaikan maupun pengembangan penelitian kedepannya adalah:

1. Untuk penelitian lebih lanjut, studi kasus yang dipilih bisa diperkecil daerahnya sehingga dapat lebih fokus untuk daerah yang lebih spesifik.
2. Pengembangan model lebih spesifik dengan faktor penghambat yang lain seperti organisme pengganggu tanaman (OPT) yang banyak jenisnya.
3. Sulit untuk meramalkan luas lahan yang akan terkena banjir maupun kekeringan karena curah hujan yang cenderung tidak stabil. Sehingga bisa digabung dengan penelitian lain yang sudah meramalkan curah hujan.
4. Wawasan terkait sistem dinamik serta penggunaannya agar didapatkan model yang dapat merepresentasikan sistem nyata yang ada dan juga valid. Sehingga model yang dibuat dapat menjadi referensi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistika Indonesia, “Laporan Hasil Sensus Pertanian Tahun 2013,” 2013.
- [2] Dinas Pertanian Tanaman Pangan Jawa Timur, “Luas Lahan Sawah Irigasi dan Non Irigasi tahun 2016,” 2016.
- [3] Badan Pusat Statistika Jawa Timur, “Indikator Pertanian Provinsi Jawa Timur Tahun 2016,” 2016.
- [4] Tribun Jatim, “36.000 Hektare Lahan Kekeringan, Dinas Pertanian Optimistis Jatim Surplus Beras Sampai 5 Juta Ton,” 2018. [Online]. Available: <http://jatim.tribunnews.com/2018/08/28/36000-hektare-lahan-kekeringan-dinas-pertanian-optimistis-jatim-surplus-beras-sampai-5-juta-ton>. [Diakses 03 Oktober 2018].
- [5] Kompas.com, “Sawah Seluas 1.319 Hektar di Jatim Gagal Panen Akibat Banjir,” 2017. [Online]. Available: <https://regional.kompas.com/read/2017/02/28/12553251/sawah.seluas.1.319.hektar.di.jatim.gagal.panen.akibat.banjir>. [Diakses 03 Oktober 2018].
- [6] A. K. Makarim dan Ikhwan, “Inovasi dan Strategi Untuk Mengurangi Pengaruh Banjir Pada Usaha Tani Padi,” 2011.
- [7] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian, “Pedoman Umum Adaptasi Perubahan Iklim di Indonesia,” 2011.
- [8] L. F. Amalo, “Analisis Kekeringan Pertanian di Jawa Timur Menggunakan Vegetation Health Index,” Institut Pertanian Bogor, 2016.
- [9] I. Muhandhis dan E. Suryani, “Pengembangan Model Rantai Pasok Produksi Beras Untuk Meningkatkan Ketahanan Pangan Dengan Menggunakan Framework Sistem Dinamik,” 2015.

- [10] A. Faza, "Pembuatan Model Climate-Smart Agriculture untuk Adaptasi dan Membangun Ketahanan Terhadap Perubahan Iklim Dalam Produksi Padi (Studi Kasus: Jawa Timur)," 2017.
- [11] Kamus Besar Bahasa Indonesia, "strategi," [Online]. Available: <https://kbbi.web.id/strategi>. [Diakses 03 Oktober 2018].
- [12] Kamus Besar Bahasa Indonesia, "adaptasi," [Online]. Available: <https://kbbi.web.id/adaptasi>. [Diakses 04 Oktober 2018].
- [13] G. Lumaksono, "Strategi Adaptasi Masyarakat Dalam Menghadapi Kekurangan Air Bersih (Studi Kasus di Kampung Jomblang Kota Semarang)," 2013.
- [14] L. M. W. Satyaninggrat, "Penerapan Metode Simulasi Sistem Dinamik untuk Menganalisis Kebutuhan Listrik Sektor Rumah Tangga Pada Tiap Area di Jawa Timur," 2015.
- [15] J. M. Lyneis, "System dynamics for market forecasting and structural analysis," *System Dynamic Rev*, vol. 16, pp. 3-25, 2000.
- [16] E. Suryani dan R. A. Vinarti, "Simulasi Perubahan Peringkat Webometric Indonesia Yang Dipengaruhi Kondisi Keuangan Institusi Pendidikan (Studi Kasus: ITS)," *JURNAL SISFO VOL 4*, 2011.
- [17] J. Sterman, *Business Dynamics : System Thinking and Modelling for a Complex World*, Jeffrey J. Shelsfud, 2000.
- [18] E. Suryani, *Pemodelan dan Simulasi*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [19] N. Osgood, "System Dynamics Modeling : Overview & Causal Loop Diagrams What is System Dynamics?," 2013.
- [20] D. Zimmerman, "Model validation and verification of large and complex space structures," pp. 93-118, 2000.

- [21] R. G. Sargent, “VERIFICATION AND VALIDATION OF SIMULATION MODELS,” pp. 135-150, 2010.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Dhimas Candra Prayudha, dengan nama panggilan Dhimas. Penulis dilahirkan di Jombang pada tanggal 1 Februari 1996. Penulis menempuh jenjang pendidikan formal di SD Negeri Talunkidul 1 dan lulus pada tahun 2008, SMP Negeri 1 Jombang dan lulus pada tahun 2011, SMA Negeri 2 Jombang dan lulus pada tahun 2014, serta jenjang perguruan tinggi pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

Departemen Sistem Informasi Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi pada tahun 2014 yang terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 05211440000051. Penulis mengambil bidang minat pada Lab Sistem Enterprise dengan topik penelitian pada simulasi sistem. Penulis dapat dihubungi melalui *email* dimzryodan@gmail.com.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran A – Data Hasil Simulasi Basemodel

Tahun	Curah Hujan (mm)
2009	168.84
2010	210.00
2011	210.00
2012	172.41
2013	221.00
2014	179.24
2015	155.23
2016	214.00
2017	169.17

Tahun	Luas Lahan Terkena Banjir (ha)
2009	23,829.00
2010	58,092.00
2011	24,092.00
2012	19,032.00
2013	54,961.00
2014	23,016.00
2015	11,173.00
2016	37,275.00
2017	15,848.40

Tahun	Luas Lahan Terkena Kekeringan (ha)
2009	8,934.26
2010	568.85
2011	6,142.86
2012	16,656.60
2013	9,350.00
2014	7,328.17
2015	29,380.50
2016	10,378.60
2017	1,408.77

Tahun	Produktivitas Padi (ton/ha)
2009	5.911
2010	5.9605
2011	5.487
2012	6.138
2013	6.04
2014	5.905
2015	5.931
2016	6.049
2017	5.918

Tahun	Luas Tanam Padi (ha)
2009	1,914,930
2010	1,890,880
2011	1,941,130

Tahun	Luas Tanam Padi (ha)
2012	1,999,290
2013	2,007,350
2014	2,050,080
2015	2,127,170
2016	2,184,250
2017	2,212,310

Tahun	Luas Panen (ha)
2009	1,906,360
2010	1,880,130
2011	1,936,800
2012	1,994,970
2013	1,997,460
2014	2,039,990
2015	2,115,960
2016	2,173,920
2017	2,205,030

Tahun	Produksi Padi (ton)
2009	11,268,500
2010	11,206,500
2011	10,629,000
2012	12,247,100
2013	12,064,900
2014	12,047,400
2015	12,550,600
2016	13,151,800

Tahun	Produksi Padi (ton)
2017	13,050,200

Lampiran B – Data Hasil Simulasi Skenario

Skenario 1

Tahun	Luas Lahan Terkena Banjir (ha)
2018	38,158.20
2019	2,981.35
2020	595.15
2021	0
2022	40,579.50
2023	2,775.91
2024	0
2025	7,513.70
2026	1,129.10
2027	6,714.75
2028	42,705.70
2029	7,857.94
2030	42,184.80

Tahun	Produksi Padi (ton)
2018	13,090,900
2019	13,412,600
2020	13,867,000
2021	13,907,700
2022	14,589,500
2023	14,874,300
2024	15,639,500

Tahun	Produksi Padi (ton)
2025	16,735,800
2026	16,740,700
2027	17,497,400
2028	18,352,500
2029	18,792,500
2030	19,694,600

Skenario 2

Tahun	Luas Lahan Terkena Kekeringan (ha)
2018	271.13
2019	4,256.85
2020	18,491.60
2021	0
2022	4,200.49
2023	20,719.60
2024	0
2025	1,239.84
2026	1,455.86
2027	4,023.22
2028	20,897.30
2029	21,947.70
2030	3,963.83

Tahun	Produksi Padi (ton)
2018	13,103,200
2019	12,909,200

Tahun	Produksi Padi (ton)
2020	13,055,200
2021	13,391,000
2022	14,377,300
2023	14,464,300
2024	14,887,200
2025	15,349,500
2026	15,925,200
2027	16,117,600
2028	16,427,400
2029	17,042,400
2030	17,556,200

Skenario 3

Tahun	Produktivitas Padi (ton/ha)
2018	6.49
2019	6.43
2020	6.46
2021	6.66
2022	6.76
2023	6.65
2024	6.74
2025	7.07
2026	7.01
2027	7.18
2028	7.34
2029	7.43
2030	7.45

Tahun	Produksi Padi (ton)
2018	14,293,100
2019	14,363,300
2020	14,925,100
2021	15,570,200
2022	16,226,700
2023	16,701,800
2024	17,646,900
2025	18,761,400
2026	18,995,700
2027	19,931,600
2028	21,236,700
2029	22,212,000
2030	21,998,300